



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE POMBAL-PB

Roberta D'nyra Almeida Sousa Guedes

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA
EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE POMBAL-PB**

Pombal – PB

2023

Roberta D'nyra Almeida Sousa Guedes

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA
EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE POMBAL-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira.

Pombal – PB

2023

G924e Guedes, Roberta D'nyra Almeida Sousa.
Energia solar fotovoltaica como fonte de energia elétrica em uma
residência na cidade de Pombal / Roberta D'nyra Almeida Sousa Guedes.
– Pombal, 2023.
82 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de
Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira.”.
Referências.

1. Energia renovável. 2. Geração distribuída. 3. Meio ambiente. I.
Nogueira, Virgínia de Fátima Bezerra. II. Título.

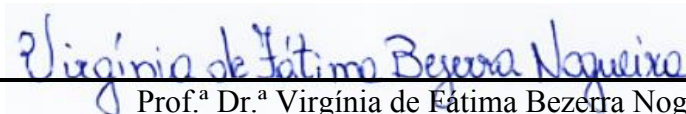
CDU 620.92 (043)

Roberta D'nyra Almeida Sousa Guedes

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE DE ENERGIA
ELÉTRICA EM UM RESIDÊNCIA NA CIDADE DE POMBAL-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Universidade Federal de Campina
Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental.

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Orientadora CCTA/UFCG/Campus de Pombal – PB



Documento assinado digitalmente
WALKER GOMES DE ALBUQUERQUE
Data: 05/07/2023 16:17:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Walker Gomes de Albuquerque

Examinador Interno - CCTA/UFCG/Campus de Pombal – PB



Dr. Valner da Silva Nogueira

Examinador Externo – XWEATHER/Dr em Ciências Atmosféricas

Pombal, 30 de junho de 2023

Dedico este trabalho

*À minha família. Obrigada pela liberdade, confiança e amor que vocês me dão
diariamente.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me fez chegar até o final deste ciclo entendendo que o final das coisas é melhor que o começo delas. Aos meus pais Paulo Roberto de Sousa e Valdenira Fernandes de Almeida, por terem feito muito mais do que podiam para me darem uma boa educação. Ao meu esposo Matheus Lucas Guedes, por ter segurado a minha mão e não ter permitido que eu desistisse, e, por fim, à minha orientadora Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira, por ter me conduzido neste trabalho.

“Melhor é o fim das coisas do que o princípio delas.”

Eclesiastes 7:8

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2021	19
Figura 2 - Geração Distribuída Solar FV no Brasil	22
Figura 3 - Potencial de Utilização de Energia Solar na Terra.....	24
Figura 4 - Mapa Solarimétrico do Brasil	25
Figura 5 – Funcionamento da Célula Fotovoltaica	26
Figura 6 – Sistema <i>On-Grid</i> e Seus Componentes	26
Figura 7 – Módulo Fotovoltaico Silício Monocristalino	28
Figura 8 – Inversor GROWATT MIN5000TL-X 220V-2MPPT	29
Figura 9 – <i>String Box</i> Clamper Solar SB	29
Figura 10 – Medidor Bidirecional de Energia	30
Figura 11 – Sistema de Compensação	31
Figura 12 – Município de Pombal	33
Figura 13 – Residência Unifamiliar.....	34
Figura 14 – Consumo de Energia Elétrica na Residência antes do Sistema	39
Figura 15 – Telhado da Residência.....	40
Figura 16 – Perdas Típicas em um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.....	41
Figura 17 – Painéis Solares Instalados na Residência	43
Figura 18 – Inversor Solar Instalado na Residência	44
Figura 19 – Fluxo de Caixa.....	49
Figura 20 – Payback Simples.....	50
Figura 21 – Retorno Sobre Investimento	50
Figura 22 – Valores Faturados pela Concessionária em Maio de 2023.....	51
Figura 23 – Geração do Sistema Fotovoltaico em Maio de 2023.....	52
Figura 24 – Valores Faturados pela Concessionária em Maio de 2022.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de Irradiação Solar em Pombal-PB.....	35
Tabela 2 – Geração de Energia Estimada	42
Tabela 3 – Custos do Sistema Gerador Fotovoltaico.....	46
Tabela 4 – Reembolsos Anuais.....	47
Tabela 5 – Impactos Ambientais Negativos	56
Tabela 6 – Impactos Ambientais Positivos.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL - Agência Nacional de Engenharia Elétrica
(SCEE) - Sistema de Compensação de Energia Elétrica
PERS - Programa de Energia Renovável Social
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
OIE - Oferta Interna de Energia
IEE/USP - Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo
IRENA - Agência Internacional de Energias Renováveis
PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
kWh/m² - Quilo-Watt Hora por Metro Quadrado
D.D.P. - Diferença de Potencial
GW - Giga-Watt
MW - Mega-Watt
kW - Kilo-Watt
FAE - Fontes Alternativas de Energia
UFPE - Universidade Federal de Pernambuco
kWh/ m²/dia - Quilo-Watt Hora por Metro Quadrado por dia
ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
PCH's - Pequenas Centrais Hidrelétricas
INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FV - Fotovoltaico
GD - Geração Distribuída
NBR - Norma Brasileira
CC - Corrente Contínua
CA - Corrente Alternada
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
MPPT - Maximum Power Point Transfer
DPS - Dispositivo de Proteção Contra Surtos
REN - Resolução Normativa
UC - Unidade Consumidora

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

PB - Paraíba

Btus - British Thermal Unit

CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito

PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

VPL - Valor Presente Líquido

ROI - Retorno sobre Investimento

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviços

W/m² - Watt por Metro Quadrado

Wp - Watt pico

kWp - Quilo-Watt pico

MWp - Mega-Watt pico

GWh - Giga-Watt Hora

MWh - Mega-Watt Hora

FDI - Fator de Dimensionamento de Inversores

IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

a.a. - Ao ano

TUSD - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

EUA - Estados Unidos da América

LISTA DE SÍMBOLOS

P_{total} - Potência Total [kWh]

$P_{injetada}$ - Potência injetada na rede [kWh]

$P_{consumida}$ - Potência consumida da rede [kWh]

CO₂ - Dióxido de Carbono

SO₂ - Dióxido de Exofre

NO₂ - Dióxido de Nitrogênio

FC_t - Fluxo de caixa no intervalo t [R\$]

i - Taxa de desconto ou atratividade

t - Intervalo finito de tempo

R% - Percentual de redução da fatura [%]

G_{global} - Irradiância global média local [kWh/m²]

η - Eficiência do sistema [%]

N_{dias} - Número de dias do ano [dia]

PM_{fv} - Potência nominal do módulo fotovoltaico [Wp]

NM_{fv} - Número de módulos fotovoltaicos

PN_{ca} - Potência nominal do inversor [Wp]

NFV_{max} - Número máximo de módulos fotovoltaicos

P - Potência Nominal Máxima

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Geral.....	17
2.2 Específicos	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Energia e meio ambiente	18
<i>3.1.1 Matrizes elétrica e energética brasileiras</i>	<i>19</i>
<i>3.1.2 Energia solar fotovoltaica</i>	<i>20</i>
<i>3.1.3 Geração distribuída (GD)</i>	<i>21</i>
<i>3.1.4 Radiação solar.....</i>	<i>22</i>
<i>3.1.4.1 Radiação solar no Brasil</i>	<i>23</i>
<i>3.1.5 Funcionamento da energia solar fotovoltaica.....</i>	<i>25</i>
<i>3.1.5.1 Geração de energia solar On-Grid.....</i>	<i>26</i>
<i>3.1.5.2 Elementos que compõem a geração de energia solar On-Grid.....</i>	<i>27</i>
Módulo Solar Fotovoltaico	27
Inversor de tensão CC-CA <i>On-Grid</i>	28
<i>String Box</i>	29
Medidor Bidirecional de energia	29
Regulamentação da central geradora fotovoltaica	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1 Localização do estudo.....	33
4.2 Metodologia	34
<i>4.2.1 Análise da incidência solar em Pombal-PB</i>	<i>34</i>
<i>4.2.2 Orientação e localização dos módulos fotovoltaicos</i>	<i>35</i>
<i>4.2.3 Dimensionamento da potência do gerador solar fotovoltaico</i>	<i>35</i>
<i>4.2.3.1 Dimensionamento da quantidade de módulos fotovoltaicos</i>	<i>36</i>
<i>4.2.3.2 Dimensionamento da potência do inversor de tensão</i>	<i>36</i>

5 RESULTADOS	38
5.1 Análise do consumo de energia elétrica na residência.....	38
5.2 Análise da incidência solar em Pombal-Pb	40
5.3 Orientação e localização dos módulos fotovoltaicos	40
5.4 Dimensionamento da potência do gerador solar fotovoltaico.....	40
5.4.1 <i>Energia gerada anualmente – período de 25 anos.....</i>	<i>41</i>
5.4.2 <i>Descrição do sistema gerador fotovoltaico On-Grid</i>	<i>43</i>
Módulos Fotovoltaicos	43
Inversor de Tensão CC-CA <i>On-Grid</i>	43
<i>String-Box</i>	44
Documentação exigida pela concessionária	44
5.5 ANÁLISE DOS ASPECTOS ECONÔMICOS	45
5.5.1 <i>Custos do sistema gerador solar fotovoltaico</i>	<i>45</i>
5.5.2 <i>Custos de manutenção</i>	<i>46</i>
5.5.3 <i>Análise do fluxo de caixa</i>	<i>47</i>
5.5.4 <i>Análise do Payback simples.....</i>	<i>49</i>
5.5.5 <i>Retorno sobre o investimento</i>	<i>50</i>
5.5.6 <i>Análise da fatura de energia.....</i>	<i>50</i>
5.6 ANÁLISE DOS ASPECTOS AMBIENTAIS.....	53
5.6.1 <i>Aspectos ambientais negativos</i>	<i>53</i>
5.6.2 <i>Aspectos ambientais positivos</i>	<i>57</i>
6 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXOS.....	65

RESUMO

A energia solar fotovoltaica trata-se de uma fonte de energia renovável, silenciosa e limpa, que vem sendo cada vez mais utilizada como fonte de energia elétrica em diversos países. Este trabalho apresenta um estudo de caso de um dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico integrado à rede elétrica da concessionária em uma residência unifamiliar na cidade de Pombal, estado da Paraíba, com uma análise técnica, mas sobretudo econômica e ambiental da viabilidade da implantação desse sistema. Com a resolução normativa da ANEEL nº 482 de 17 de abril de 2012, o Brasil possibilita o investimento em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. A Lei 14.300 de 06 de janeiro de 2022, mas que entrou em vigor apenas em 07 de janeiro 2023, institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). A análise do aspecto técnico deste estudo abordou o dimensionamento do sistema gerador fotovoltaico, bem como a escolha de todos os seus componentes. A análise econômica para uma microgeração distribuída demonstrou através da análise do Payback e ROI, que o investimento é viável, e ao término de 25 anos de operação o cliente terá retorno de 12 (doze) vezes o valor do investimento inicial. A análise do aspecto ambiental mostrou que o uso de uma energia renovável, neste caso a energia solar como fonte de energia elétrica, apresenta menores impactos ambientais.

Palavras-Chave: Energia Renovável. Geração Distribuída. Meio Ambiente.

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy is a source of renewable energy, silent and clean, which has been increasingly used as a source of electricity in several countries. This academic work presents a case study of a dimensioning of a photovoltaic solar system integrated to the electric grid of the concessionaire in a single-family residence in the city of Pombal, state of Paraíba, and points out a technical analysis, especially economic and environmental feasibility of the implementation of this system. With the normative resolution of ANEEL nº 482 of April 17, 2012, Brazil enables the investment in photovoltaic systems connected to the electric grid. The Act 14.300 of January 6, 2022, which came into force only on January 7, 2023, establishes the legal frame for microgeneration and distributed mining, the Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), and the Programa de Energia Renovável Social (PERS). The analysis of the technical aspect of this study addressed the dimensioning of the photovoltaic generator system, as well as the choice of all its components. The economic analysis for a distributed microgeneration showed that the investment is viable through the analysis of Payback and ROI, and at the end of 25 years of operation the customer will have a return of 12 (twelve) times the value of the initial investment. The analysis of the environmental aspect showed that the use of renewable energy, in this case solar energy as a source of electricity, has less environmental impacts.

Keywords: Renewable energy. Distributed Generation. Environment.

1. INTRODUÇÃO

A energia solar é uma fonte de energia alternativa, sustentável e inesgotável, gerada pela luz do sol, e o seu uso como fonte de energia elétrica tem crescido em escala mundial (INMEDIAM, 2022).

O acelerado crescimento populacional, associado ao desenvolvimento tecnológico e industrial, e consequente aumento no consumo de energia tem feito o modelo energético atual ser questionado. Cada vez mais os países têm buscado fontes de energia que degradem menos o meio ambiente e que sejam sustentáveis, ou seja, que atendam as necessidades do presente sem comprometer as necessidades do futuro, visando, principalmente, à diminuição da emissão de gases poluentes (MARINOSKI, SALOMANI e RUTHER, 2004).

O desenvolvimento sustentável é um dos temas mais comentados na atualidade e, sem dúvidas, a energia solar fotovoltaica é uma das melhores opções para inserção de energia limpa, apesar do alto valor de investimento para aquisição dos equipamentos e consequente aumento do tempo de retorno de investimento para alguns setores (BESSO, 2017).

A energia solar fotovoltaica, alvo deste estudo, é a conversão direta da luz do sol em eletricidade através do efeito fotovoltaico. Essa conversão ocorre nas células fotovoltaicas que compõem os painéis solares. As tecnologias mais utilizadas para a produção desses painéis, atualmente, são as de silício monocristalino e silício policristalino (PORTAL SOLAR, 2022).

No que diz respeito a geração distribuída de pequeno porte, é importante destacar as iniciativas para incentivar esse tipo de geração. A Lei 14.300, aprovada em 06 de janeiro de 2022, mas que passou a vigorar apenas em 07 de janeiro de 2023, estabelece todos os critérios para compensação e cobrança por parte das concessionárias. O sistema de compensação baseia-se em créditos de energia. Quando a energia gerada é maior que a energia consumida, são gerados créditos de energia que podem ser utilizados para abater o consumo nos meses subsequentes por um período de até 60 meses.

Em alguns países, muitos incentivos foram dados para que as pessoas gerassem sua energia elétrica a partir de seus próprios sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Os programas de incentivo geralmente são justificados por questões ambientais, segurança energética, geração de empregos, desenvolvimento de tecnologia e de uma cadeia produtiva. Estes programas variam de acordo com o país e com a fonte de energia (EPE, 2012).

O Brasil é um país rico em recursos naturais e possui recursos humanos disponíveis para atuar na geração de energia solar fotovoltaica (ASSUNÇÃO, 2010). É neste cenário que os sistemas fotovoltaicos aparecem como soluções tanto técnicas, quanto econômicas e

ambientais. Através deste estudo de caso, iremos analisar as vantagens e desvantagens de utilizar a energia solar fotovoltaica como fonte de energia elétrica em uma residência unifamiliar da cidade de Pombal-PB. O sistema de microgeração fotovoltaico proposto é conectado à rede elétrica e se enquadra como geração distribuída no âmbito das resoluções normativas da ANEEL.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de um sistema solar fotovoltaico integrado à rede elétrica em uma residência unifamiliar localizada no município de Pombal, estado da Paraíba.

2.2 Específicos

- Analisar as principais vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica;
- Compreender o funcionamento da geração de energia solar fotovoltaica, bem como de seus equipamentos;
- Analisar consumo e gastos em energia elétrica de uma residência unifamiliar;
- Listar conceitos da regulamentação exigida pela concessionária e demais órgãos fiscalizadores para o acesso à rede de distribuição;
- Analisar a incidência solar e como ela influencia diretamente na geração de energia;
- Verificar se os custos de instalação e manutenção são economicamente viáveis;
- Verificar a viabilidade ambiental.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Energia e meio ambiente

As energias renováveis, também chamadas de energias alternativas, têm sua fonte de produção geralmente associada à recursos naturais pouco escassos, e em sua produção e uso geram menores impactos ao meio ambiente (EXAME, 2022).

As fontes de energias renováveis se referem aos recursos naturais encontrados em abundância na natureza, como: água, sol, vento, maré, ondas, calor vindo do interior da Terra e biomassa. Diante disso, os principais tipos de energia renováveis são: energia solar, energia hidráulica, energia eólica, energia da biomassa, maremotriz, e energia geotérmica (MUNDO EDUCAÇÃO, 2023).

No caso da energia solar, a radiação solar é transformada em eletricidade através de um material semicondutor que é fundamental nesse processo de conversão. Além disso, o sol é a maior fonte de energia renovável, limpa, sustentável, inesgotável, que não gera emissão de gases poluentes, e tem impactos ambientais reduzidos (EPE, 2022).

A energia hidráulica é gerada por meio da movimentação das águas. A captação é feita através de turbinas que fazem com que a energia mecânica se transforme em energia elétrica (BRASIL ESCOLA, 2023).

A energia eólica também é uma das fontes de energia limpa, sustentável e renovável, e é gerada por meio da transformação da força dos ventos em energia elétrica com aerogeradores, que possuem hélices que se movimentam de acordo com o vento do local (PORTAL SOLAR, 2022).

A energia da biomassa é produzida por meio da queima de materiais orgânicos, como lenha, bagaço da cana-de-açúcar, restos de alimentos, entre outros. Em geral, qualquer material orgânico capaz de produzir calor a partir de sua queima, especialmente os sólidos, podem ser chamados de biomassa (RAÍZEN, 2023).

Outra importante fonte de energia renovável é o oceano, por meio do movimento das ondas é possível produzir a energia ondomotriz, a energia maremotriz captando-se correntes de marés, e a energia térmica oceânica produzida pela temperatura das águas (EPE, 2022).

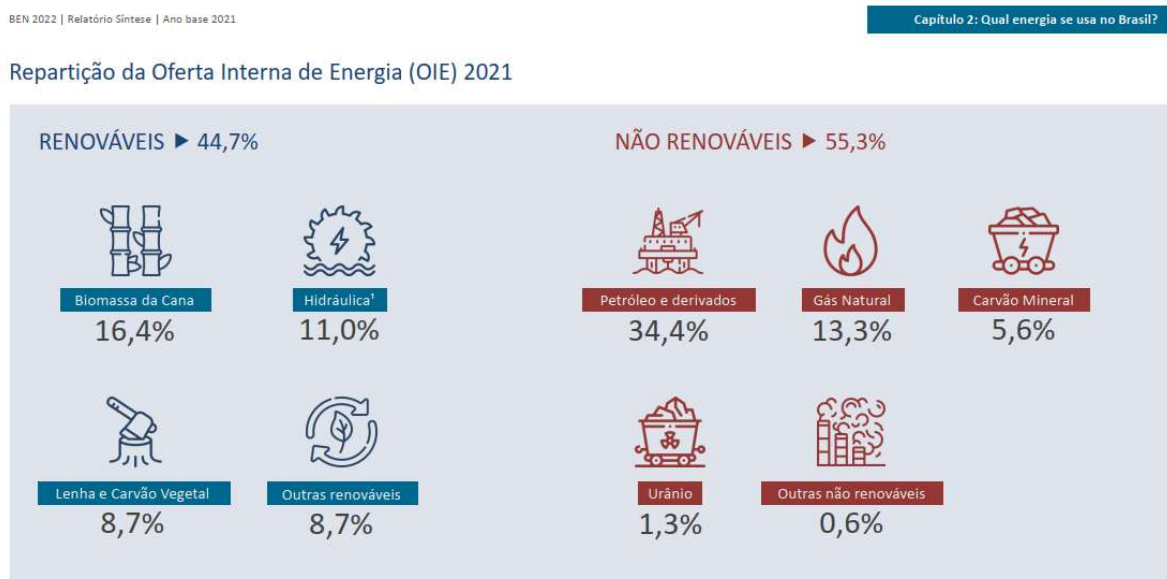
Por fim, a energia geotérmica é um tipo de energia limpa produzida do calor advindo do manto da Terra, que é a camada interior do planeta. Ela é utilizada para aquecimento de residências e empresas, assim como para gerar energia elétrica por meio de centrais geotérmicas (ESFERA ENERGIA, 2023).

3.1.1 Matrizes elétrica e energética brasileira

Segundo o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2022, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as fontes renováveis presentes da matriz energética brasileira são: biomassa de cana (16,4%), hidráulica (11,0%), lenha e carvão vegetal (8,7%) e outras renováveis (8,7%). Já as não renováveis são petróleo e derivados (34,4%), gás natural (13,3%), carvão mineral (5,6%), urânio (1,3%) e outras (0,6%). Diante disso, pode-se observar que a matriz energética brasileira é bem diversificada e a presença de fontes energéticas renováveis tem aumentado. De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a matriz atual é formada por 44,7% de fontes renováveis e 55,3% não renováveis.

Já a matriz elétrica é bem mais limpa, com 78,1% da energia elétrica oriunda de fontes renováveis. Neste caso, a maior participação vem das hidrelétricas, com 53,4%, seguida pela biomassa (8,2%) e eólica (10,6%). A energia solar representa 2,5%. A matriz energética brasileira é considerada uma das mais renováveis dentre todas as grandes economias mundiais.

Figura 1- Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2021.



* Inclui importação de eletricidade

Um dos fatores que impulsionou a diversificação da matriz energética brasileira foi a introdução do PROINFA, Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. Este programa foi criado pela Lei nº 10.438/2002, pelo Ministério de Minas e Energia em parceria com a Eletrobrás, com o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas

renováveis na matriz elétrica, privilegiando empreendedores sem vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição (ENERGIA HOJE, 2023).

Pela primeira vez o Brasil entrou na lista dos dez países com maior potência instalada acumulada da fonte solar fotovoltaica, segundo dados da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA, 2022). Isso porque em 2022 foi atingido 24GW de potência operacional solar total. A previsão é de que ainda em 2023 o setor atinja 28GW. O ranking é liderado pela China (392 GW), seguida pelos Estados Unidos (111 GW), Japão (78,8 GW), Alemanha (66,5 GW) e Índia (62,8 GW). De acordo com a Absolar 2023, os dados consideram a somatória das grandes usinas solares com os sistemas de geração própria solar de pequeno e médio portes, em telhados e fachadas de edifícios e também em pequenos terrenos, com base na potência total acumulada ao final de 2022 (CANAL ENERGIA, 2023).

3.1.2 Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica teve origem em 1839 através dos estudos de Edmond Becquerel, que descobriu o efeito fotovoltaico. Ele observou o surgimento de uma diferença de potencial (D.D.P.) nos terminais de uma célula eletroquímica quando esta era exposta à luz (PORTAL SOLAR, 2022).

As vantagens desse tipo de geração de energia elétrica são inúmeras, dentre elas: a inexistência de partes móveis, rápida instalação, baixa manutenção, e elevado grau de confiabilidade (RÜTHER, 2004), além de não ser poluente, é silenciosa e renovável.

Embora a disponibilidade de energia solar seja vasta, a produção de energia fotovoltaica ainda é reduzida, principalmente, em países emergentes. No mundo, a China vem se destacando na fabricação e instalação de centrais de geração solar de grande porte (ABSOLAR, 2022). O Brasil, em 2023, alcançou a marca de 1,6 milhão de sistemas instalados em todo o país e, destes, 79% são residenciais para autoconsumo local, explica Arthur Siqueira, Engenheiro Eletricista e Grupo de Pesquisa em Governança Energética da IEE/USP (ABSOLAR, 2023).

Segundo a Absolar (2020), os principais benefícios da energia solar fotovoltaica são, nas seguintes esferas:

1. Esfera Socioeconômica:

- Redução de gastos com energia elétrica para a população, trazendo economia para a sociedade;

- Líder em geração de empregos locais de qualidade;
- Atração de capital externo e novos investimentos privados ao País.

2. Esfera Ambiental:

- Geração de energia limpa, renovável e sustentável, sem emissões de gases de efeito estufa, sem resíduos e sem ruídos;
- Não precisa de água para operar, aliviando a pressão sobre recursos hídricos escassos;
- Baixo impacto ao meio ambiente.

3. Esfera Estratégica:

- Diversificação da matriz elétrica brasileira com uma nova fonte renovável, aumentando a segurança no suprimento de energia elétrica.
- Redução de perdas e postergação de investimentos em transmissão e distribuição.
- Alívio da demanda elétrica em horário diurno, reduzindo custos aos consumidores.

3.1.3 Geração distribuída (GD)

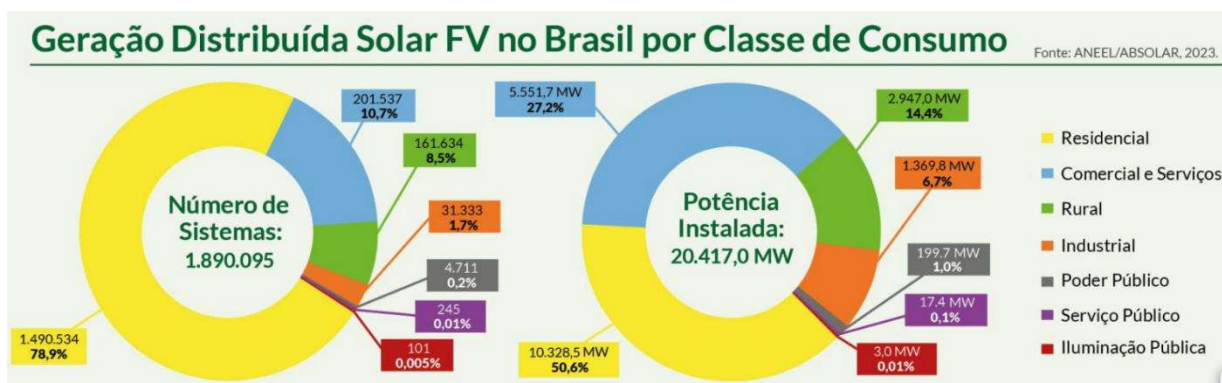
Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (2004), “Geração Distribuída (GD) é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es), independentemente da potência, tecnologia e fonte de energia.” Potências cada vez menores são incluídas na Geração Distribuída, como é o caso de geradores temporários, painéis fotovoltaicos, alvo deste estudo, e pequenas centrais hidrelétricas (PCH’s).

Essa forma de geração traz benefícios quando comparada à geração centralizada, uma vez que reduz custos de transmissão e as perdas no sistema desde a fonte de geração até o consumidor final. Embora a geração de energia próxima ao consumidor tenha sido bastante utilizada antes da década de 1940, a geração centralizada por algumas décadas posteriores se mostrou financeiramente mais interessante, o que ocasionou a migração dos consumidores para o consumo da energia produzida centralmente e causou a frenagem de desenvolvimento de novas tecnologias. Contudo, a crise do petróleo e reforma do setor elétrico brasileiro na década de 90 contribuíram para que a geração distribuída retornasse e investimentos fossem realizados (INEE, 2004).

No ano de 2022, o Brasil apresentou uma marca de 24GW de potência operacional solar, sendo 17GW de geração distribuída e 7GW de geração centralizada. Até abril de 2023, o Brasil atingiu o número de 28GW de potência operacional solar, sendo 20GW em geração distribuída, e 8GW de geração centralizada. O crescimento foi impulsionado por instalações residenciais, que correspondem a 10GW desse total (ABSOLAR, 2023). Mesmo ainda sendo pouco para a disponibilidade existente, isso indica um cenário otimista de crescimento para os próximos anos.

Dado o cenário econômico brasileiro atual e o histórico de reajustes dos últimos anos, não são vislumbradas perspectivas de diminuição da tarifa de energia elétrica do sistema convencional de geração centralizado. Assim, pode-se observar de acordo com a Figura 2 que a Geração Distribuída vem ganhando força e se mostrando uma boa alternativa para o suprimento da demanda local por energia elétrica.

Figura 2 – Geração Distribuída Solar FV no Brasil.



3.1.4 Radiação solar

A radiação pode ser designada como energia em movimento, propagada no vácuo ou em qualquer outro meio material, ocorrendo através de ondas eletromagnéticas ou partícula. Pode-se afirmar ainda que radiação é a energia recebida pela Terra por meio de ondas eletromagnéticas a partir do Sol, que é responsável pelo sustento da vida no planeta Terra e pelas variações no clima terrestre (BRASIL ESCOLA, 2022).

Além da manutenção da vida através do fornecimento de luz e calor, o Sol desempenha um papel importante como fonte alternativa de energia limpa. A forma com que os raios solares chegam até a Terra, após sofrerem reflexões e absorções na atmosfera, e a forma em que são distribuídos ao redor do globo terrestre são fatores determinantes na quantidade de energia

elétrica que será gerada (STEFFENS, 2017).

Segundo a Aneel (2016), “a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende além das condições atmosféricas, também da latitude, estações do ano, hora do dia, condições do céu”.

Sobre esses aspectos, conforme Lima (2003), essas influências estão definidas da seguinte forma:

- Latitude: à proporção que a latitude aumenta, a área da superfície terrestre que a mesma radiação atinge é maior, resultando em uma menor concentração.
- Estações do ano: o movimento de translação da Terra em torno do sol, responsável pelas estações do ano, descreve uma órbita elíptica plana. O eixo de rotação da Terra em volta de si mesmo não coincide com o eixo da elipse, possuindo uma inclinação de $23^{\circ} 27'$. Dessa forma, por um período do ano, o planeta expõe mais o hemisfério Sul à luz solar e por outro período ele expõe mais o hemisfério Norte.
- Hora do dia: a cada hora do dia, os raios solares atingem uma dada superfície sob diferentes ângulos.
- Condições do céu: as quantidades de nuvens que recobrem o céu interferem na radiação que atinge a superfície terrestre.
- Condições atmosféricas: dias enfumaçados, nublados ou poluídos alteram a radiação disponível. Porém, segundo Hudson Markell (1985), esse fator exerce reduzida influência porque a radiação que atinge a superfície terrestre é formada por radiação direta e difusa. Segundo os autores citados acima, em dias claros, 10% da radiação que chega à superfície terrestre é difusa. Contudo, em dias nublados, a radiação difusa é, frequentemente, toda radiação disponível.

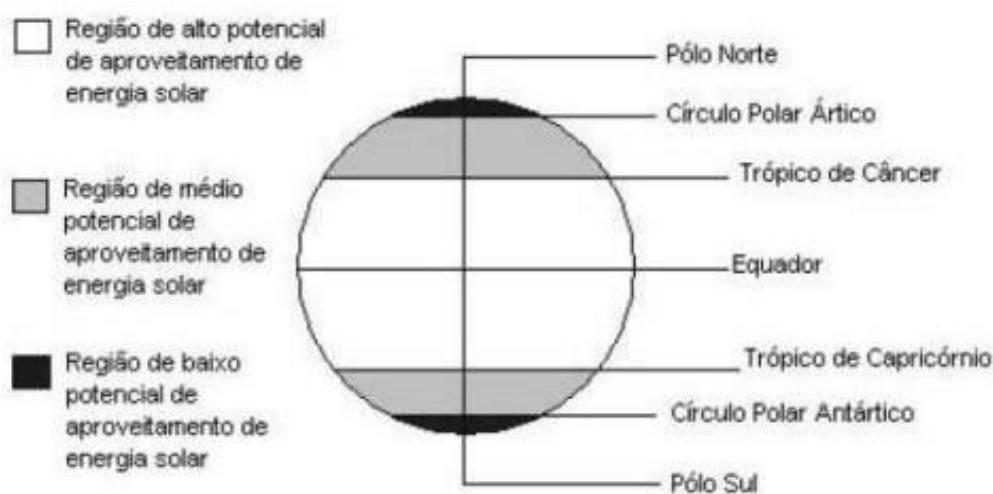
Levando em consideração todos os pontos citados acima, a instalação de um conjunto de painéis solares requer o estudo de fatores que são facilmente observados e conhecidos, como a presença de prédios e poluição, e também os que não são determinísticos, como nebulosidade, época do ano, variações climáticas, entre outros.

3.1.4.1 Radiação solar no Brasil

Segundo Sáles (2008), o potencial de aproveitamento da energia solar de uma região é determinado, principalmente, em função de sua localização no Globo Terrestre. “O Brasil

encontra-se em uma região entre os trópicos e próxima à linha do Equador, privilegiando-se dos elevados índices solarimétricos.” Além disso, conforme afirmou, as regiões localizadas entre os círculos polares e os trópicos podem ser consideradas como de médio potencial de energia solar, e as regiões localizadas entre as linhas tropicais podem ser consideradas de alto potencial, é o que pode ser observado na Figura 3.

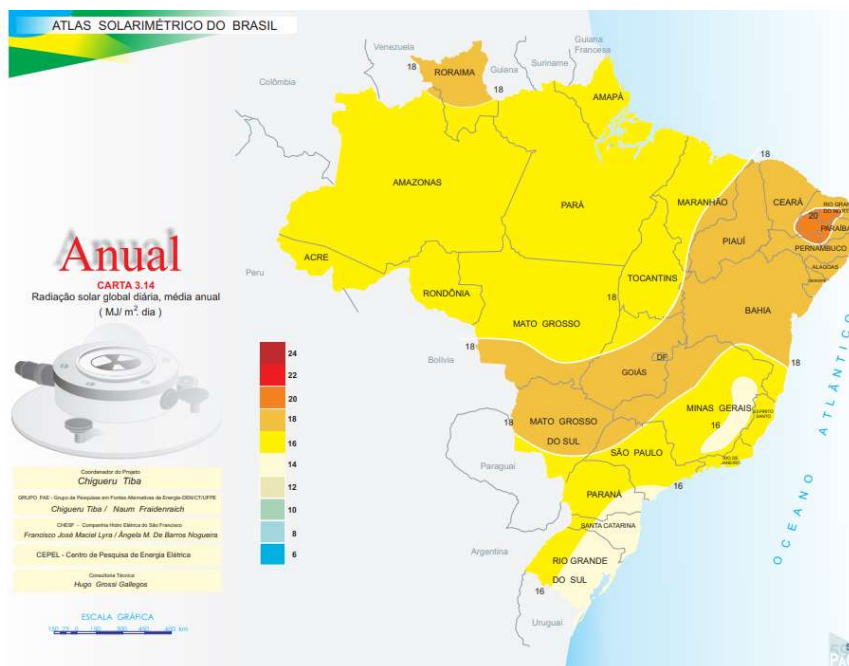
Figura 3 - Potencial de Utilização de Energia Solar na Terra.



Fonte: SÁLES, 2008.

O Atlas Solarimétrico do Brasil (Figura 4) apresenta uma estimativa da radiação solar incidente no país. Como pode ser observado, na Paraíba, a média de radiação é de 20MJ/m². Segundo Chigueru Tiba, 2017, professor e pesquisador do grupo de Fontes Alternativas de Energia (FAE) do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), o noroeste da Paraíba é um dos melhores lugares do Brasil em relação à incidência dos raios solares. “Cidades como Sousa e Patos têm uma radiação média anual de 20 MJ/m². Em um mês como dezembro, por exemplo, quando tem muito sol, a Paraíba tem uma incidência de 24 MJ/m² ou 26 MJ/m²”, comenta. Megajoule (MJ) é uma unidade de medida de energia, também usada para aferir a incidência de radiação solar.

Figura 4 - Mapa Solarimétrico do Brasil.



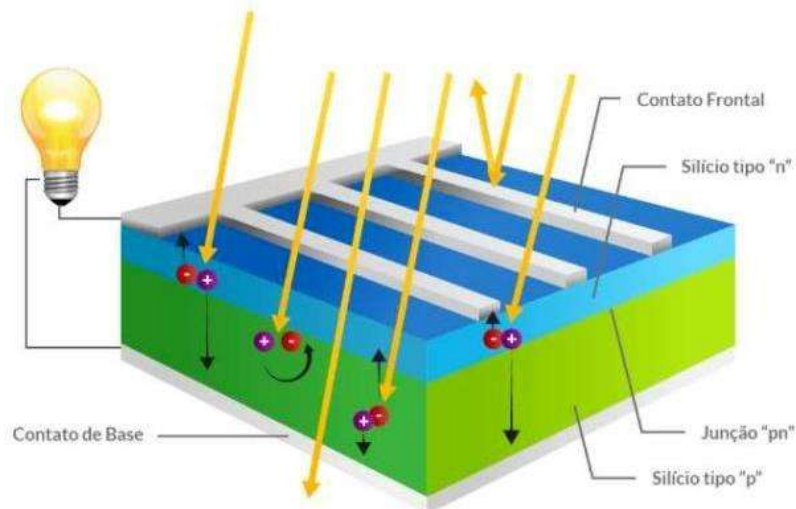
Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil, 2000.

3.1.5 Funcionamento da energia solar fotovoltaica

O efeito fotovoltaico é a geração de corrente ou tensão através da exposição à luz de um material semicondutor que, neste estudo, trata-se do Silício. Encontrado de maneira abundante na natureza, o Silício, quando beneficiado de forma correta, pode atingir pureza de até 99,999 % e formar cristais os quais não possuem boa condutividade elétrica. Entretanto, quando dopado com Fósforo, torna-se Silício tipo N, que é semicondutor com apenas um elétron na camada de valência. Este elétron não está totalmente livre, embora necessite apenas de uma pequena quantidade de energia para ser liberado. Do mesmo modo, quando dopado com Boro, torna-se Silício tipo P, que possui a ausência de um elétron, denominado de lacuna. Portanto, deseja receber um elétron para se tornar estável (TOLMASQUIN, 2003).

A junção de uma fina camada de Silício do tipo N e uma mais espessa do tipo P forma o que é conhecido como junção PN. Os elétrons da parte N migram para a parte P até atingirem o equilíbrio elétrico da junção. Ao serem expostos à luz, absorvem fótons, que culminam na passagem de elétrons da camada de valência para a banda de condução, dando origem a um campo elétrico interior à junção. Por consequente, uma corrente elétrica tende a atravessar a carga externa. O valor desta corrente em relação à carga depende da intensidade luminosa disponível (TOLMASQUIN, 2003).

Figura 5 – Funcionamento da Célula Fotovoltaica.

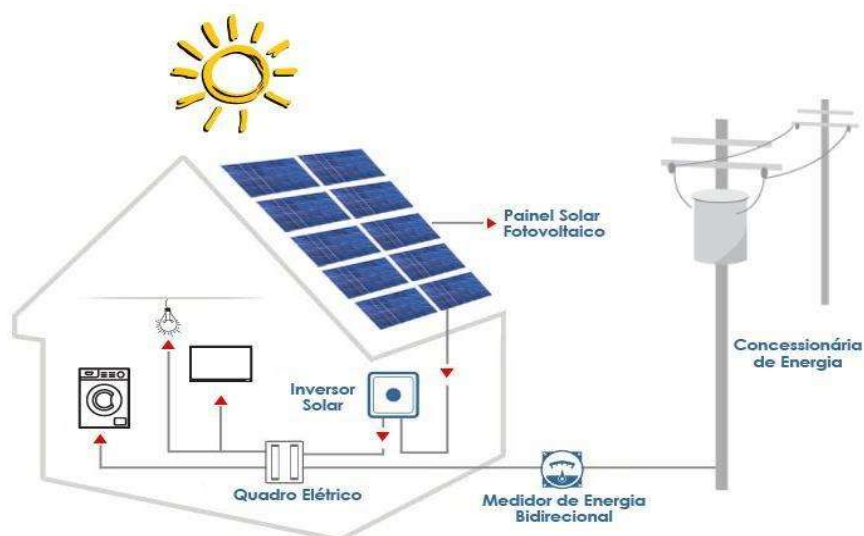


Fonte: Blue Sol, 2017.

3.1.5.1 Geração de energia solar *On-Grid*

Geradores solares fotovoltaicos *On-grid* são aqueles conectados à rede de distribuição da concessionária local, dispensam a necessidade de armazenamento de energia e seu principal objetivo é mitigar custos de energia elétrica e/ou criar um saldo positivo junto à concessionária, tendo a garantia de fornecimento de energia da rede pública caso as condições de irradiação solar não sejam favoráveis (STEFFENS, 2017). Mostra-se na Figura 6 um exemplo de um sistema gerador *On-grid* e seus componentes.

Figura 6 – Sistema *On-Grid* e Seus Componentes.



Fonte: Blog SoLigado, 2019.

Os componentes do sistema *On-Grid*, são: estrutura de fixação, painéis fotovoltaicos, inversor solar, medidor bidirecional, quadro de distribuição, cabeamento, rede da concessionária, além da *string-box*, que é um conjunto de equipamentos de proteção contra surtos, descargas atmosféricas e curto-circuito, que não está na imagem, mas que é de suma importância na conexão entre os módulos fotovoltaicos e inversor (ENERGÊS, 2020).

3.1.5.2 Elementos que compõe a geração de energia solar On-Grid

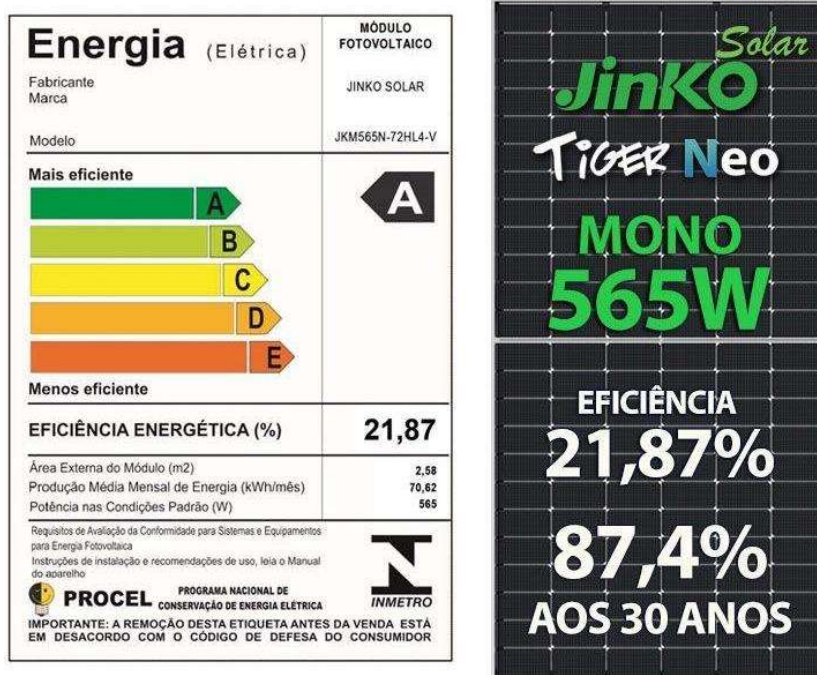
Neste ponto, serão descritos os elementos que compõe a geração de energia solar *On-Grid*, desde a captação da energia radiada pelo sol, até a conversão em energia elétrica em corrente alternada. Os componentes e suas respectivas funções serão descritos a seguir.

- Módulo solar fotovoltaico

O módulo solar fotovoltaico é a unidade básica de um sistema solar fotovoltaico, responsável por captar a irradiação solar e transformar em energia elétrica. A norma NBR 108899 (ABNT, 2013) define módulo solar fotovoltaico como sendo um conjunto de células fotovoltaicas. Comparado com os demais componentes de um gerador solar fotovoltaico, possui eficiência baixa, com o melhor módulo acreditado pelo INMETRO possuindo cerca de 21% de eficiência energética. Para melhorar seu desempenho, são levados em consideração dados como inclinação do módulo, número de células e se o seu material de fabricação é mono ou policristalino (BESSO, 2017).

Atualmente, dentre os painéis solares disponíveis no mercado, os módulos fotovoltaicos de silício policristalino são mais baratos e, portanto, dominantes em número de vendas e oferta em relação a módulos com células de silício monocristalino, mais caros e que apresentam maior eficiência.

Figura 7 – Módulo Fotovoltaico Silício Monocristalino.



Fonte: Aldo Componentes Eletrônicos, 2023.

- Inversor de tensão CC-CA *On-Grid*

A energia solar radiante é convertida em energia elétrica na forma de corrente contínua (CC) e, posteriormente, na forma de corrente alternada (CA), o equipamento responsável por essa conversão é o inversor de tensão CC-CA, que deve ser usado unicamente para instalações *On-Grid* para que o acoplamento entre gerador e rede de distribuição seja adequado às características da rede em questão, isto é, deve estar sincronizado na mesma frequência, fase e nível de tensão (STEFFENS, 2017).

Diferentemente dos painéis solares, inversores de tensão CC-CA possuem alta eficiência, variando entre 85% e 99%, dependendo do modelo, tecnologia empregada e da potência na qual o inversor está operando. Além da alta eficiência, é possível o monitoramento em tempo real da potência gerada e injetada na rede de distribuição. Muitos inversores contam com o envio de dados via conexão *wireless*; segurança através de sistemas anti-ilhamento, proteção contra sobre corrente, sobretensão e surtos; e uso de algoritmos de MPPT (do inglês, Maximum Point Tracker) (STEFFENS, 2017).

Figura 8 – Inversor GROWATT MIN5000TL-X 220V-2MPPT.

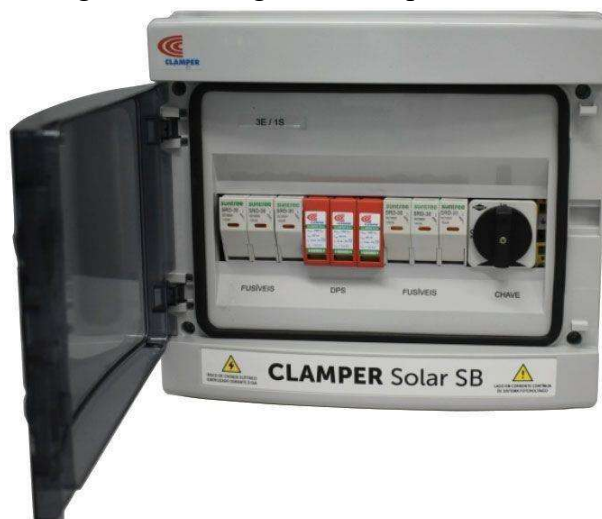


Fonte: Aldo Componentes Eléctricos, 2023.

- String-Box

A *string-box* é um dispositivo de proteção contra descargas atmosféricas, surtos e curtos-circuitos. Basicamente, ela protege o circuito elétrico no qual foi instalada. É constituída por entradas CC, que estão relacionadas aos cabos vindos das *strings*, e conta com fusíveis, chaves seccionadoras CC e DPS (Dispositivo de Proteção contra surtos) (ALDO SOLAR, 2023).

Figura 9 – String Box Clamper Solar SB.



Fonte: Aldo Componentes Eléctricos, 2023.

- Medidor bidirecional de energia

O medidor bidirecional de energia é fornecido e instalado pela concessionária de energia

elétrica no momento da vistoria final. Tem como função medir não só a energia consumida por uma instalação, mas também medir a quantidade de energia injetada na rede elétrica. No caso de uma residência com energia solar, o medidor bidirecional irá mensurar toda a energia em kWh que foi injetada na rede de distribuição pela usina fotovoltaica instalada, bem como a energia que foi consumida pela residência. A Figura 10 mostra um modelo de medidor de energia bidirecional.

O cálculo de potência ativa feito pelo medidor leva em conta apenas a potência que entra da rede para as cargas, assim como quanto o sistema gerador injeta na rede. Ver fórmula (1) (STEFFENS, 2017).

$$P_{total} = P_{injetada} - P_{consumida} \quad (1)$$

Há três possíveis resultados quanto à análise de potência consumida e injetada na rede:

$$P_{total} > 0, P_{total} = \text{injetada} \quad (2)$$

$$P_{total} < 0, P_{total} = \text{consumida} \quad (3)$$

$$P_{total} = 0, \text{consumida} = \text{injetada} \quad (4)$$

Para que o sistema gere créditos junto ao sistema de compensação é necessário que a potência gerada seja maior que a consumida.

Figura 10 – Medidor Bidirecional de Energia.



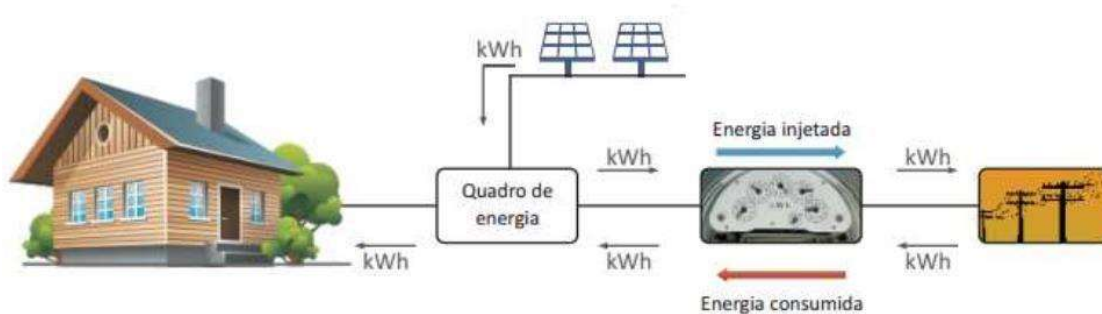
Fonte: Google Imagem, 2023.

- Regulamentação da central geradora fotovoltaica

O Marco legal da geração distribuída foi instituído no Brasil através da Lei 14.300 de 6 de janeiro de 2022, mas que entrou em vigor em 07 de janeiro de 2023. Essa legislação estabelece o regramento da micro e minigeração distribuída de energia, modalidade que permite que consumidores produzam a própria eletricidade e obtenham economia na conta de luz por meio de um sistema de compensação de créditos com a concessionária de distribuição. Esse mercado foi criado em 2012 por meio de uma resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a REN 482. A sanção da Lei 14.300 promove algumas alterações nessa regulação (PORTAL SOLAR, 2023).

A REN nº 482 define em seu texto que a geração distribuída é toda central geradora conectada à rede de distribuição de energia elétrica (*On-grid*) cuja fonte é hídrica, renovável ou de combustível fóssil, sendo distribuída em dois grupos: a microgeração, que abrange centrais com até 75 kW de potência instalada, tanto para cogeração qualificada ou por fonte renovável instalada junto ao local onde será consumido e, de forma análoga, a minigeração, compreendendo centrais entre 75 kW até 5 MW em potência instalada, para fontes renováveis, e no máximo de 3 MW para geração hídrica (ANEEL, 2016).

Figura 11 – Sistema de Compensação.



Fonte: Caderno Temático ANEEL – Micro e Minigeração Distribuída, 2016.

O Dimensionamento da potência a ser instalada em uma geração distribuída deve levar em consideração a porcentagem que se deseja abater da fatura de energia elétrica, ou ainda, o quanto de crédito deseja ser gerado mensalmente. Toda energia ativa excedente injetada na rede de distribuição da concessionária é convertida em créditos através do sistema de compensação. O saldo é computado pela concessionária local e é válido por 60 meses (ANEEL, 2016).

A Lei 14.300 dispõe que o excedente de energia de uma UC (Unidade Consumidora) pode ser rateado em porcentagens pré-acordadas através de um acordo que ateste o compromisso

de solidariedade entre os interessados (LEI 14.300, 2022).

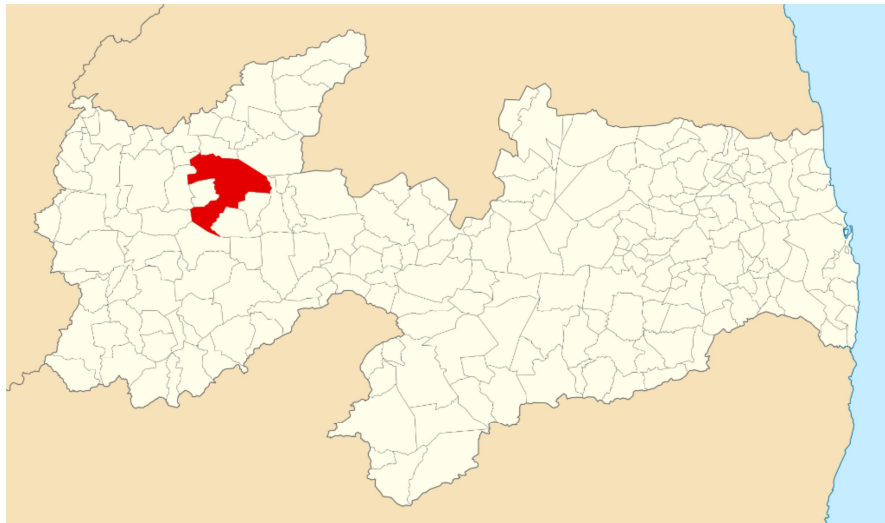
Em sistemas de microgeração distribuída, o processo junto a concessionária parte do pedido de acesso à rede de distribuição, seguido da aprovação dos projetos e demais documentações. Por fim, é realizada a vistoria das instalações para que o sistema seja homologado a participar do sistema de compensação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do estudo

O estudo foi realizado entre os meses de novembro de 2022 a maio de 2023, em uma residência localizada no município de Pombal, oeste do estado da Paraíba (Figura 12), situado na região Nordeste do Brasil. Pertence à mesorregião do Sertão Paraibano e microrregião de Sousa. Apresenta uma população de 32.110 habitantes e uma área de 666,7 km², com área territorial de 888, 807 km² (IBGE, 2010). Pombal está inserida no Bioma Caatinga, apresentando clima do tipo Tropical Semi-Árido. Segundo SANTOS (2016), o período chuvoso começa em janeiro e se estende até maio. A precipitação média anual é de 773,4mm. A cidade é caracterizada por apresentar céu claro e intensa insolação na maior parte do ano. A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia (CPRM, 2005).

Figura 12 – Município de Pombal – PB.



Fonte: Google Imagens, 2023.

Figura 13 – Residência Unifamiliar.



Fonte: Aatoria Própria, 2023.

4.2 Metodologia

4.2.1 Análise da incidência solar em Pombal – PB

Para realizar o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico, precisa-se saber o valor da irradiância solar em Pombal. A incidência da radiação solar é o fator primário na influência da quantidade de energia radiante convertida em energia elétrica. Dentre os diversos estudos e mapas solarimétricos existentes, neste estudo de caso foram utilizados dados da CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito), pertencente ao Ministério de Minas e Energia em parceria com a Eletrobrás. Esse órgão possui dados atualizados e de fácil consulta sobre a irradiação solar, baseado nas coordenadas da localidade.

O programa fornece os dados de irradiação solar para no mínimo 3 localidades disponíveis próximas do ponto de interesse. São fornecidos os valores de irradiação solar, em kWh/m²/dia no plano horizontal, correspondentes às diárias médias mensais para os 12 meses do ano. De acordo com a Tabela 1 a irradiação média em Pombal é de 6,04 kWh/m².dia.

Tabela 1 – Dados de Irradiação Solar em Pombal-PB.

Mês	Irradiação Média (kWh/m ² .dia)
Janeiro	6,01
Fevereiro	6,11
Março	6,29
Abril	6,01
Maio	5,49
Junho	5,12
Julho	5,32
Agosto	6,12
Setembro	6,56
Outubro	6,61
Novembro	6,64
Dezembro	6,15
Média	6,04

Fonte: CRESESB, 2023.

4.2.2 Orientação e localização dos módulos fotovoltaicos

São diversos os fatores que fazem a energia irradiante ser atenuada ao longo da atmosfera e sofrer variações ao longo do tempo, mas ainda assim é possível desenvolver um projeto onde o ajuste da orientação geográfica e da inclinação dos painéis possam garantir que a máxima irradiância seja absorvida.

Tendo em vista que a meta está na máxima conversão de energia, o módulo fotovoltaico deve estar posicionado de modo que os raios solares incidam perpendicularmente à superfície do painel (MEHLERI et al., 2010). Para isto, idealmente, pode-se utilizar um sistema seguidor (*tracking system*), que é um dispositivo capaz de rotacionar e inclinar os painéis de acordo com a posição solar ou ainda fazer uma estrutura metálica de acordo com a orientação que se deseja. Entretanto, essas adaptações para inclinar os módulos em alguns poucos graus ou para tentar orientar os módulos ao Norte adicionam um custo às instalações fotovoltaicas em telhados e limita sua utilização. O resultado, na prática, geralmente produz pouco efeito no aumento da geração de energia.

4.2.3 Dimensionamento da potência do gerador solar fotovoltaico

O dimensionamento da potência do gerador solar fotovoltaico que é capaz de suprir a

demanda da residência foi realizado através dos cálculos com o auxílio de uma planilha desenvolvida no Microsoft Office Excel.

Para calcular a potência instalada necessária para fazer o abatimento de 100% da fatura de energia elétrica da residência, utilizou-se a fórmula (5) (STEFFENS, 2017).

$$P_{FV} = \frac{P_{consumida} \times R\%}{G_{global} \times \eta \times N_{dias} \times P_{Mfv}} \times P_{Mfv} \quad (5)$$

Onde: $P_{consumida}$ representa o consumo médio em um período de tempo; $R\%$ representa o percentual de abate da fatura; G_{global} irradiação solar média do local; η é a eficiência do sistema; N_{dias} é o número de dias referente a consumo médio; P_{Mfv} é a potência nominal do módulo fotovoltaico.

4.2.3.1 Dimensionamento da quantidade de módulos fotovoltaicos

A quantidade de módulos necessários é estipulada através da razão entre a potência instalada do gerador (4,08 Wp) e potência do módulo (340 Wp). Ver fórmula (6) (STEFFENS, 2017).

$$N_{Mfv} = \frac{P_{fv}}{P_{Mfv}} \quad (6)$$

Onde: N_{Mfv} é o número de módulos fotovoltaicos; P_{fv} é a potência instalada do gerador solar fotovoltaico; P_{Mfv} é a potência nominal do módulo solar a ser utilizado.

4.2.3.2 Dimensionamento da potência do inversor de tensão

Assim como os módulos fotovoltaicos, os inversores também são escolhidos prioritariamente pela potência instalada do sistema. Com o objetivo do menor custo e assegurando o funcionamento correto dos inversores, é possível ajustar a potência necessária do inversor através de um FDI (Fator de Dimensionamento de Inversores). Para a busca do FDI no ponto ótimo de operação, é preciso o uso de simulação numérica, em conjunto com uma série de dados sobre irradiações ao longo do dia e temperatura ambiente. Analisando a literatura, encontra-se que os valores recomendados para FDI variam na faixa de 0,85 e 1,05 (PINHO; GALDINO, 2014). Atualmente, os inversores trabalham com o FDI na faixa de de 0,70 a 1,00.

Para o estudo em questão, o FDI se encontra na faixa de 0,73, indicando que o inversor está subdimensionado em 73% da potência instalada de módulos fotovoltaicos, dentro do intervalo recomendado pelo fabricante. A potência nominal do inversor é determinada através da fórmula (7) (PINHO; GALDINO, 2014).

$$P_{Nac} = FDI \times P_{FV} \quad (7)$$

Na qual: P_{Nac} representa a potência nominal do inversor; FDI é o fator de dimensionamento de inversor; e P_{FV} a potência instalada do gerador fotovoltaico.

5. RESULTADOS

5.1. Análise do consumo de energia elétrica na residência

Uma unidade consumidora (UC) tem sua fatura de energia elétrica descrita pela quantidade de potência ativa consumida pelos equipamentos multiplicada pelo tempo no qual eles permanecem ligados durante um período de tempo.

Um parâmetro importante para o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico é o conhecimento do consumo de energia elétrica da unidade consumidora do projeto. Para isso, é necessário analisar o histórico de consumo que usualmente é considerado a partir do histórico anual. Esses dados podem ser adquiridos a partir da fatura de energia elétrica disponibilizada pela concessionária de energia.

A conexão com a concessionária é possível de forma monofásica, bifásica ou trifásica. Esta conexão varia de acordo com a demanda do consumidor, uma vez que existe a possibilidade de escolha no momento da contratação. Para cada tipo de conexão, existe uma tarifa mínima a ser faturada, mesmo que não haja consumo que exceda este valor no mês analisado. Essa tarifa mínima recebe o nome de custo por disponibilidade, e é prevista pela Resolução 414 Seção V Art. 98 da ANEEL. Para a conexão monofásica, o faturamento mínimo é de 30 kWh, para a bifásica é de 50 kWh e no caso trifásico, de 100 kWh.

Neste trabalho, por se tratar de uma residência unifamiliar, tem-se que suas principais cargas de consumo são 02 aparelhos de ar condicionado, 01 geladeira, 01 air-fryer, 01 micro-ondas, 01 ventilador, 01 secador de cabelo e iluminação no período da noite.

O consumo médio mensal de energia na residência até o mês de outubro de 2022 (Figura 14), antes da instalação do sistema solar fotovoltaico, era de 203 kWh/mês. Esse valor serviu como base para o desenvolvimento do projeto, pois através dele foi estimado a porcentagem desejada do abatimento da fatura de energia e, conseqüentemente, a potência necessária do sistema gerador fotovoltaico. Além disso, foi levado em consideração o desejo dos proprietários em aumentar o consumo de energia elétrica da residência para, aproximadamente, 600 kWh/mês.

Figura 14 – Consumo de Energia Elétrica na Residência antes do Sistema.

DANF3E - DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA

energisa ENERGISA PARAIBA - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A
Br 230, Km 25 - Cristo Redentor - Joao Pessoa / PB - CEP 58071-680
CNPJ 09.095.183 / 0001-40 Insc.Est. 16.015.823-0

Classificação: MTC-CONVENCIONAL BAIXA TENSÃO / B1 **Tipo de Fornecimento:** MONOFASICO
RESIDENCIAL/RESIDENCIAL

TENSÃO NOMINAL EM VOLTS **Disp.:** **Lim. min.:** **Lim. max.:**

MATHEUS LUCAS GUEDES

RUA JOSE TAVARES DE ARAUJO 86 1 ANDAR - STO AMARO
CEP 58840000 - POMBAL / PB (AG: 227)
Roteiro: 16-0227-155-3380

CÓDIGO DO CLIENTE
5/2119909-6

CÓDIGO DA INSTALAÇÃO
00008517798

CPF/CNPJ/RANI: 106.050.624-63

REF: MÊS / ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
OUT/2022	03/11/2022	R\$ 223,78

NOTA FISCAL N° 2861826 - SÉRIE :001

DATA EMISSÃO/APRESENTAÇÃO: 26/10/2022

Consulte pela Chave de Acesso em
<https://dfe-portal.svrs.rs.gov.br/mf3e/consulta>
Chave de Acesso
2522 1009 0951 8300 0140 6600 1002 8618 2620 0714 8490

EMITIDO EM CONTINGÊNCIA
Pendente de Autorização

Encargo de Uso do Sistema de Distribuição (EUS) - R\$ 0,00
- Censo 2022 - Reciba os recenseadores - Responda para o Brasil - saber-o que precisa. censo2022.lbge.gov.br.
- Leitura confirmada

Datas de Leituras	Leitura Anterior	Leitura Atual	N° Dias	Próxima Leitura
	27/09/2022	26/10/2022	29	25/11/2022

ITENS DA FATURA	Unid.	Quant	Preço unit c/ tributos (R\$)	Valor Total (R\$)	PIS/ Cofins (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	Aliq ICMS (%)	ICMS (R\$)	Tarifa unit. (R\$)
Consumo em kWh		271	0,764990	207,31	7,64	207,31	18	37,31	0,599080
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS				16,47	0,00	0,00	0	0,00	
CONTRIBUIÇÃO ILUM PUBLICA									
TOTAL:				223,78	7,64	207,31		37,31	

CONSUMO FATURADO

	Consumo / kWh	Nº DIAS FAT
OUT/21	211	33
NOV/21	238	28
DEZ/21	275	29
JAN/22	182	31
FEV/22	159	31
MAR/22	220	30
ABR/22	206	30
MAI/22	184	31
JUN/22	126	30
JUL/22	170	29
AGO/22	198	30
SET/22	262	30
Média	203	30

* Faturamento pela média/mínimo

Tributo	Base de Cálculo (R\$)	Aliquota (%)	Valor (R\$)
PIS/PASEP	169,99	0,8025	1,36
COFINS	169,99	3,6965	6,28
ICMS	207,31	18,00	37,31

RESERVADO AO FISCO

EMITIDO EM CONTINGÊNCIA
Pendente de Autorização

Medidor	Grandezas	Postos horários	Leitura Anterior	Leitura Atual	Const Medidor	Consumo kWh
00008517798	kWh	Total	14312	14583	1	271

Fonte: Autoria Própria, 2023.

5.2 Análise da incidência solar em Pombal – PB

Com base nos dados fornecidos pela Tabela 1, estima-se que a irradiação média diária mensal em Pombal-PB equivale a 6,04 kWh/m²/dia. Também é possível observar que os índices são elevados ao longo do verão, com um decréscimo durante o inverno.

5.3 Orientação e localização dos módulos fotovoltaicos

Para aplicações de menor escala, como microgeração distribuída, utiliza-se uma regra geral: o ângulo de inclinação deve ser próximo ao da latitude e deve estar, preferencialmente, orientado ao Norte geográfico (MEHLERI et al., 2010).

O telhado da cobertura da residência deste estudo apresenta inclinação de aproximadamente 15°, para livrar os painéis solares do sombreamento da platibanda foi utilizada uma estrutura metálica para a correção dessa inclinação, que diminuiu a mesma para 2°.

Figura 15 – Telhado da Residência.



Fonte: Aatoria Própria, 2023.

5.4 Dimensionamento da potência do gerador solar fotovoltaico

Utilizando a fórmula (5), considerando $P_{consumida} = 600\text{kWh/mês}$, $R\% = 100\%$, $G_{global} = 6,04 \text{ kWh/m}^2$; $\eta = 0,82$, $N_{dias} = 30 \text{ dias}$, e $P_{Mfv} = 340\text{W}$. Para este cálculo, assume-se a potência do módulo fotovoltaico como conhecida. Posteriormente, neste capítulo, será abordado o método de escolha.

Tem-se:

$$P_{FV} = \frac{600 \times 100}{6,04 \times 0,82 \times 30 \times 340} \times 340$$

$$P_{FV} = 4,08$$

Dessa forma, é necessário que este sistema gerador tenha potência de 4,08 kWp para que ele faça o abatimento completo da fatura de energia elétrica da residência. Estes resultados foram obtidos considerando os índices solarimétricos indicados na Tabela 1 e parâmetros de perdas segundo a Figura 16.

Figura 16 – Perdas Típicas em um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.

Perda	Valor Considerado	Varição mínima e máxima da Perda
Desvio no rendimento nominal do módulo (dados de placa) e da radiação de 1000W/m ²	2,5 %	- 5% à 10%
Temperatura no Módulo	3,5%	-3% à 6%
Perdas nos condutores no lado DC	2 %	1% à 3%
Perdas nos condutores no lado CA	1 %	0,7% à 2%
Eficiência do Inversor na conversão	1,5 %	1% à 15%
Mismatch no MPPT	2 %	1,5% à 3%
Sombreamento	0 %	0% à 100%
Diodos e conexões	0,5 %	0,3% à
Transformadores (como os de isolamento no inversor, por exemplo)	2 %	2% à 4%
Sistema <i>Solar-Tracking</i>	0 %	0% à 2%
Degradação na incidência solar inicial	1 %	1% à 10%
Indisponibilidade do sistema	0 %	0% à 0,5%
Sujeira nos módulos	2 %	2% à 25%
Total de Perdas	18%	

Fonte: (LARONDE, 2010) (MARION – NREL, 2005) (VALLINA, 2010).

A Figura 16 não apresenta valores referentes às perdas de eficiência de operação dos painéis e inversor. Para os painéis, a eficiência é baixa, em torno de 17,5%. No entanto, a eficiência do inversor está em torno de 97,5%, valor consideravelmente alto.

5.4.1 Energia gerada anualmente – período de 25 anos

São diversos os fatores que afetam o rendimento energético de um sistema, sendo a variação da radiação o mais influente. Portanto, determinar a capacidade de geração em um quadro de tempo muito longo torna-se uma atividade preditiva, sendo necessário assumir que não há variância na radiação (RÜTHER, 2004).

A degradação linear do painel é o único fator variante, relacionado aos efeitos do tempo, levado em consideração. Para o primeiro ano de operação, o módulo fotovoltaico sofre um decréscimo de 2,5% da sua potência nominal, segundo o fabricante. Os anos de 2 a 25 sofrem um decréscimo de, no máximo, 0,73% ao ano. Ao final dos 25 anos, a queda não deve ultrapassar 20%, ou seja, cada placa deve permanecer com pelo menos 80% da sua potência nominal (BYD, 2019).

Tabela 2 – Geração de Energia Estimada.

GERAÇÃO DE ENERGIA ESTIMADA		
Ano	Redução ao ano (%)	Produção (kWh)
1	2,5	7275
2	0,73	7093
3	0,73	7041
4	0,73	6990
5	0,73	6939
6	0,73	6888
7	0,73	6838
8	0,73	6788
9	0,73	6738
10	0,73	6689
11	0,73	6640
12	0,73	6592
13	0,73	6544
14	0,73	6496
15	0,73	6448
16	0,73	6401
17	0,73	6355
18	0,73	6308
19	0,73	6262
20	0,73	6216
21	0,73	6171
22	0,73	6126
23	0,73	6081
24	0,73	6037
25	0,73	5993
Total	20,02	163948

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Mesmo que a Figura 16 considere as perdas descritas pelo fabricante, ao término do período de 25 anos, aproximadamente 80% da potência nominal é conservada, gerando em torno de 163.948 kWh. Neste período, a diferença entre a geração de energia do primeiro ano e a do vigésimo quinto ano é de 1282 kWh.

5.4.2. Descrição do sistema gerador solar fotovoltaico On-Grid

- Módulos fotovoltaicos

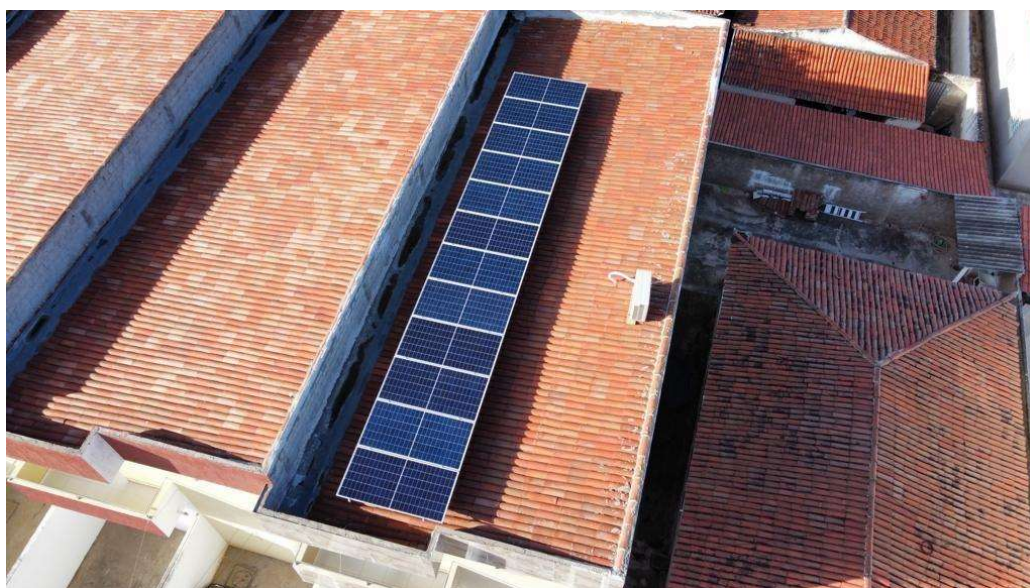
Para uma correta escolha dos módulos, aplicando a fórmula (6), tem-se:

$$M_{fv} = \frac{340}{4,08}$$

$$N_{M_{fv}} \cong 12$$

Dessa forma, o sistema solar fotovoltaico necessita de 12 módulos de 340Wp. Para os módulos fotovoltaicos utilizados neste estudo, priorizou-se o módulo comercial que apresenta o menor preço. O módulo fotovoltaico escolhido foi o do modelo BYD POLICRISTALINO P6K-36- SÉRIE-5BB 340W-20, que apresenta eficiência de 17,5%.

Figura 17 – Painéis Solares Instalados na Residência.



Fonte: Autoria Própria, 2023.

- Inversor de tensão

Aplicando a fórmula 7, a potência do inversor para o gerador fotovoltaico é de 3 kW. Dentre os modelos existentes no mercado, optou-se pelo inversor modelo Monofásico PHB3000-NS, com eficiência de 97,5%. Este modelo possui monitoramento sem fio, permitindo, portanto, o acompanhamento em tempo real da produção de energia através de conexão *wireless*.

Figura 18 – Inversor Solar Instalado na Residência.



Fonte: Autoria Própria, 2023.

Os detalhes técnicos, assim como forma de conexão entre os componentes do gerador solar fotovoltaico, não serão abordados neste estudo.

- *String-Box*

De acordo com o diagrama unifilar (ANEXO E), a *string-box* do projeto em questão precisa ter 01 entrada e 01 saída, porque o inversor utilizado no projeto só apresenta um MPPT.

- Documentação exigida pela concessionária

Com base nas condições da ANEEL através dos documentos dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, o Módulo 3 trata diretamente da interligação de sistemas micro e minigeradores na rede de distribuição.

Esse módulo traz a maneira que esse processo deve ser realizado, abordando as exigências de projetos, assim como a documentação mínima a ser exigida pelas concessionárias. A documentação exigida para microgeração é indicada a seguir:

- Formulário de Solicitação de Acesso (ANEXO A);
- Anotação de Responsabilidade Técnica ou Termo de Responsabilidade Técnico do responsável pelo projeto elétrico, devidamente assinada pelo Responsável Técnico e pelo titular da unidade consumidora (ANEXO B);

- Memorial Descritivo da instalação (ANEXO C);
- Especificações técnicas dos equipamentos a serem instalados (ANEXO D);
- Diagrama Unifilar (ANEXO E);
- Planta de localização (ANEXO F);
- Datasheet e certificados (ANEXO G);
- Padrão de entrada (ANEXO H);
- Caixa de medição (ANEXO I);
- Procuração (ANEXO J).

5.5 Análise dos aspectos econômicos

A realização de uma análise financeira é interessante em todo e qualquer investimento. Em projetos fotovoltaicos não seria diferente. É importante saber o retorno econômico e compará-lo com outros investimentos disponíveis, a fim de verificar sua atratividade. Para este estudo de caso, a análise abrangerá o sistema dimensionado em um intervalo de 25 anos, que é o tempo de vida útil do sistema.

5.5.1 Custos do sistema gerador solar fotovoltaico

O custo inicial de instalação do sistema gerador fotovoltaico é determinante na análise econômica, levando em consideração que o valor necessário para o investimento está diretamente relacionado ao custo dos equipamentos, materiais utilizados, e mão de obra empregada para a instalação. Buscou-se um orçamento junto a uma empresa local. A Tabela 3 apresenta a relação de materiais necessários para o projeto, e o valor total.

Tabela 3 – Custos do Sistema Gerador Fotovoltaico.

CUSTOS SISTEMA GERADOR FOTOVOLTAICO 4,08 kWp	
Qtde	Item
12	Painel Solar Fotovoltaico BYD 340WP
1	Inversor PHB3000-NS
3	Estrutura de Fixação de Painéis
2	Pares de conector MC4 (Macho + Fêmea)
1	String Box 1 entrada/ 1 saída
1	Caixa de Proteção CA (DPS 275V 45kA + Disjuntor 32A)
2	Sistema de Aterramento
30M	Cabo Solar 1x4mm ² 06/1KV (15m Vernelho + 15m Preto)
40M	Cabo Flexível 6mm ² 450/750v (20m Preto + 20m Verde)
SubTotal R\$13.000,00	
Projeto	
Documentação	
Mão de obra	
SubTotal R\$5.900,00	
Total R\$18.900,00	

Fonte: Autoria Própria, 2023.

O valor total apresentado na Tabela 3 já considera os impostos, assim como o percentual referente ao lucro estimado da empresa. Por fim, o valor total de R\$18.900,00 representa a quantia necessária para o investimento inicial e que será utilizado nesta análise.

5.5.2 Custos de manutenção

A geração solar fotovoltaica, diferente de outros métodos de geração de energia elétrica, possui custos de manutenção praticamente nulos sob o aspecto mecânico. Neste estudo, considera-se, para aspectos econômicos, que os painéis fotovoltaicos terão vida útil de 25 anos e o inversor de tensão terá vida útil de 10 anos. Nesta hipótese, os cálculos econômicos serão desenvolvidos em um intervalo de 25 anos e, em vista disso, pode ser que seja necessário realizar a troca do inversor duas vezes, a primeira no ano 10 e a segunda no ano 20 de operação.

Nos valores atuais, o inversor de tensão PHB3000-NS utilizado no projeto custa aproximadamente R\$2.200,00 que, reajustado segundo a taxa média do IPCA de 5,79% até dezembro de 2022 (IBGE, 2022) e assumindo modelo semelhante ou igual, custará R\$3.884,47 em 10 anos e R\$6.858,67 em 20 anos.

O acúmulo de sujeira sobre os painéis tem impacto direto sobre a eficiência com qual os

painéis convertem energia. A irradiância coletada diminui de acordo com a densidade de acúmulo de poeira e esta se apresenta como perda de potência (MANI; PILLAI,2010). As manutenções à curto prazo se restringe a limpezas dos painéis fotovoltaicos, que podem ser executadas pelo próprio investidor. Portanto, não acrescentam custos consideráveis no estudo de viabilidade econômica e serão desconsiderados.

5.5.3 Análise do fluxo de caixa

De posse dos custos do investimento inicial e os custos de manutenção, é possível traçar um gráfico capaz de avaliar os desembolsos e os retornos financeiros. O custo inicial é real, pois foi estimado no presente, não sendo necessário reajustá-lo através dos indexadores de inflação. Porém, os valores de desembolso e retorno representam projeções futuras, baseados nas condições de inflação já expostas. Os reembolsos deste estudo são representados pela economia gerada através do abatimento das faturas de energia elétrica. Tem-se os seguintes reembolsos anuais, exibidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Reembolsos (economia) estimados pela produção anual de energia.

Ano	Tarifa de Energia (R\$/Kwh)	Produção (Kwh)	Reembolso (R\$)
1	R\$ 0,76	7275	R\$ 5.529
2	R\$ 0,80	7093	R\$ 5.675
3	R\$ 0,85	7041	R\$ 5.985
4	R\$ 0,90	6990	R\$ 6.291
5	R\$ 0,95	6939	R\$ 6.592
6	R\$ 1,01	6888	R\$ 6.957
7	R\$ 1,07	6838	R\$ 7.317
8	R\$ 1,13	6788	R\$ 7.671
9	R\$ 1,19	6739	R\$ 8.019
10	R\$ 1,26	6689	R\$ 4.544
11	R\$ 1,33	6640	R\$ 8.832
12	R\$ 1,41	6592	R\$ 9.295
13	R\$ 1,49	6544	R\$ 9.750
14	R\$ 1,58	6496	R\$ 10.264
15	R\$ 1,67	6449	R\$ 10.769
16	R\$ 1,77	6402	R\$ 11.331
17	R\$ 1,87	6355	R\$ 11.884
18	R\$ 1,98	6308	R\$ 12.491
19	R\$ 2,09	6262	R\$ 13.089
20	R\$ 2,21	6217	R\$ 6.880

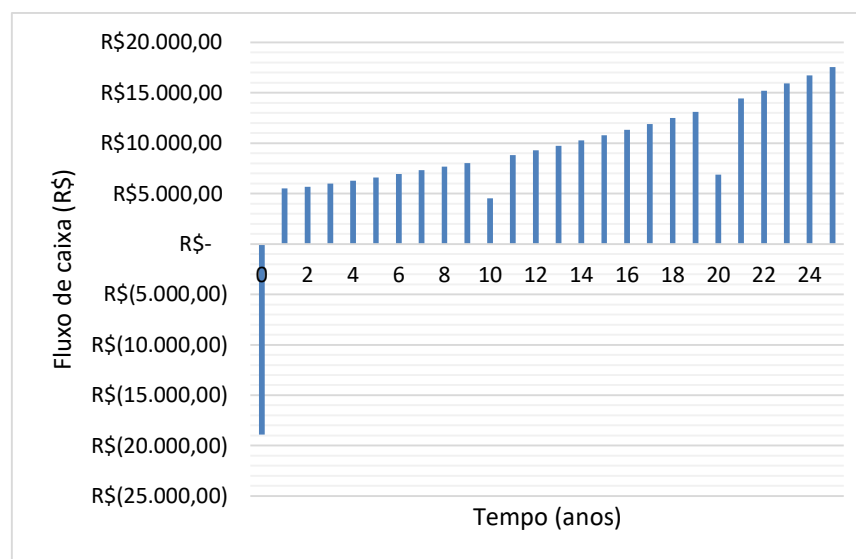
21	R\$	2,34	6171	R\$	14.441
22	R\$	2,48	6126	R\$	15.193
23	R\$	2,62	6082	R\$	15.934
24	R\$	2,77	6037	R\$	16.723
25	R\$	2,93	5993	R\$	17.560

Fonte: Autoria Própria, 2023.

A Tabela 4 mostra os valores referentes aos reembolsos anuais, valores da tarifa de energia ajustada pelo IPCA, e produção anual do sistema fotovoltaico considerando as perdas de produção ao longo do tempo.

O preço médio do kWh com impostos inclusos foi reajustado anualmente através da taxa de inflação indexada ao IPCA de 5,79% a.a. Com os valores do reembolso considerando as saídas referente à manutenção, obtém-se o fluxo de caixa (se considera apenas os valores efetivos que entram e saem), os quais podem ou não estar reajustados utilizado no cálculo de *payback* e ROI. Em síntese, podemos observar no gráfico da Figura 19 esse fluxo de caixa ao longo de 25 anos.

Figura 19 – Fluxo de Caixa.



Fonte: Autoria Própria, 2023.

O valor negativo encontrado refere-se ao investimento inicial do ano 0. Nos anos 10 e 20 os montantes menores indicam o custo de manutenção (compra de novo inversor) descontado do reembolso (produção de energia elétrica) no ano em questão.

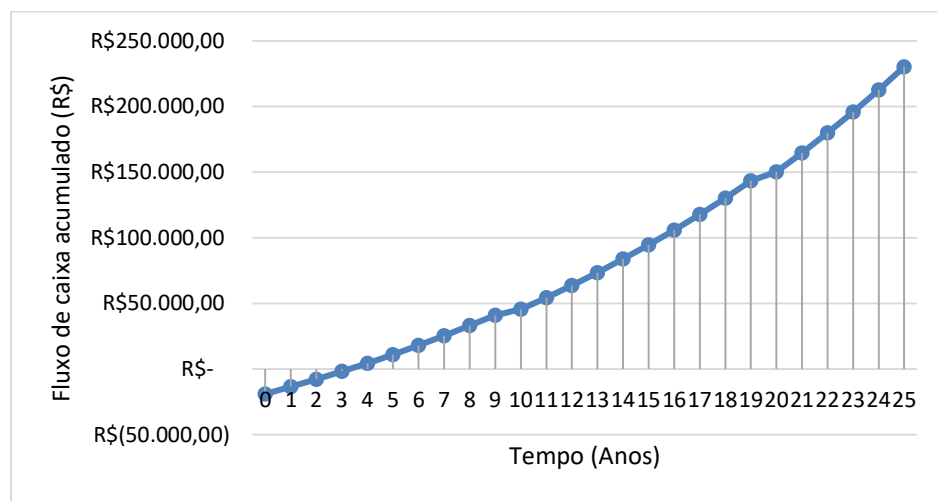
5.5.4 Análise de payback simples

O *Payback* é definido pelo prazo (em unidade de tempo) no qual o VPL é igual a zero (ABREU; STEPHAN, 1982), isto é, o tempo necessário para que o somatório dos fluxos de caixas de um investimento irão saldá-lo.

$$\sum_{t=0}^T FC_t \geq Investimentos \quad (8)$$

De posse do fluxo de caixa apresentado na Figura 19, é possível estimar o tempo necessário para que o investimento inicial seja liquidado. Conforme (8), ao realizar o fluxo de caixa acumulado ao longo dos anos, obtém-se a curva mostrada na Figura 20.

Figura 20 – *Payback* Simples.



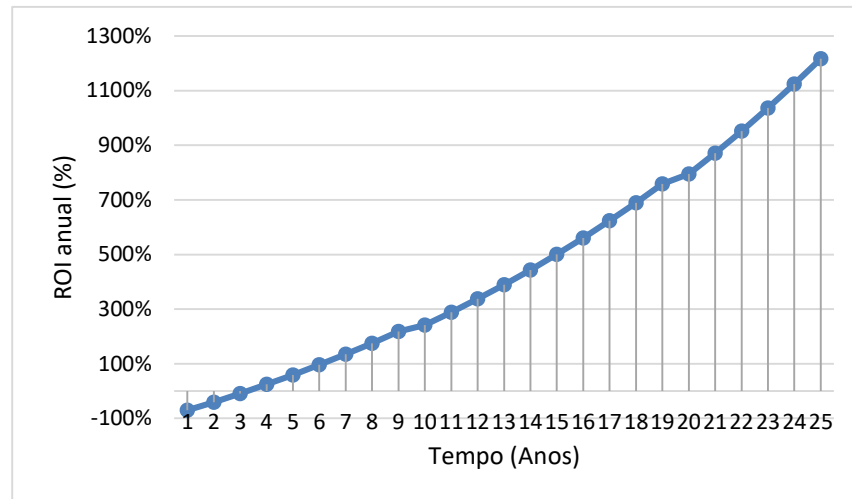
Fonte: Autoria Própria, 2023.

Analisando o gráfico da Figura 20, pode-se observar que a curva cruza o eixo temporal entre os anos 3 e 4. Os fluxos de caixa no 3º e 4º ano de operação são, respectivamente, R\$ - 1.711,36 e R\$4.579,59. Dessa forma, é evidente que o investimento é liquidado no início do 3º ano de operação do sistema gerador fotovoltaico. Como já colocado, os decréscimos observados nos anos 10 e 20 são causados pelo custo de manutenção da troca de inversores.

5.5.5 Retorno sobre o investimento (ROI)

Diferente das seções anteriores, o resultado apresentado nesta é uma estimativa de ganhos além do que foi investido e não um indicador de viabilidade.

Figura 21 – Retorno Sobre o Investimento Anual.



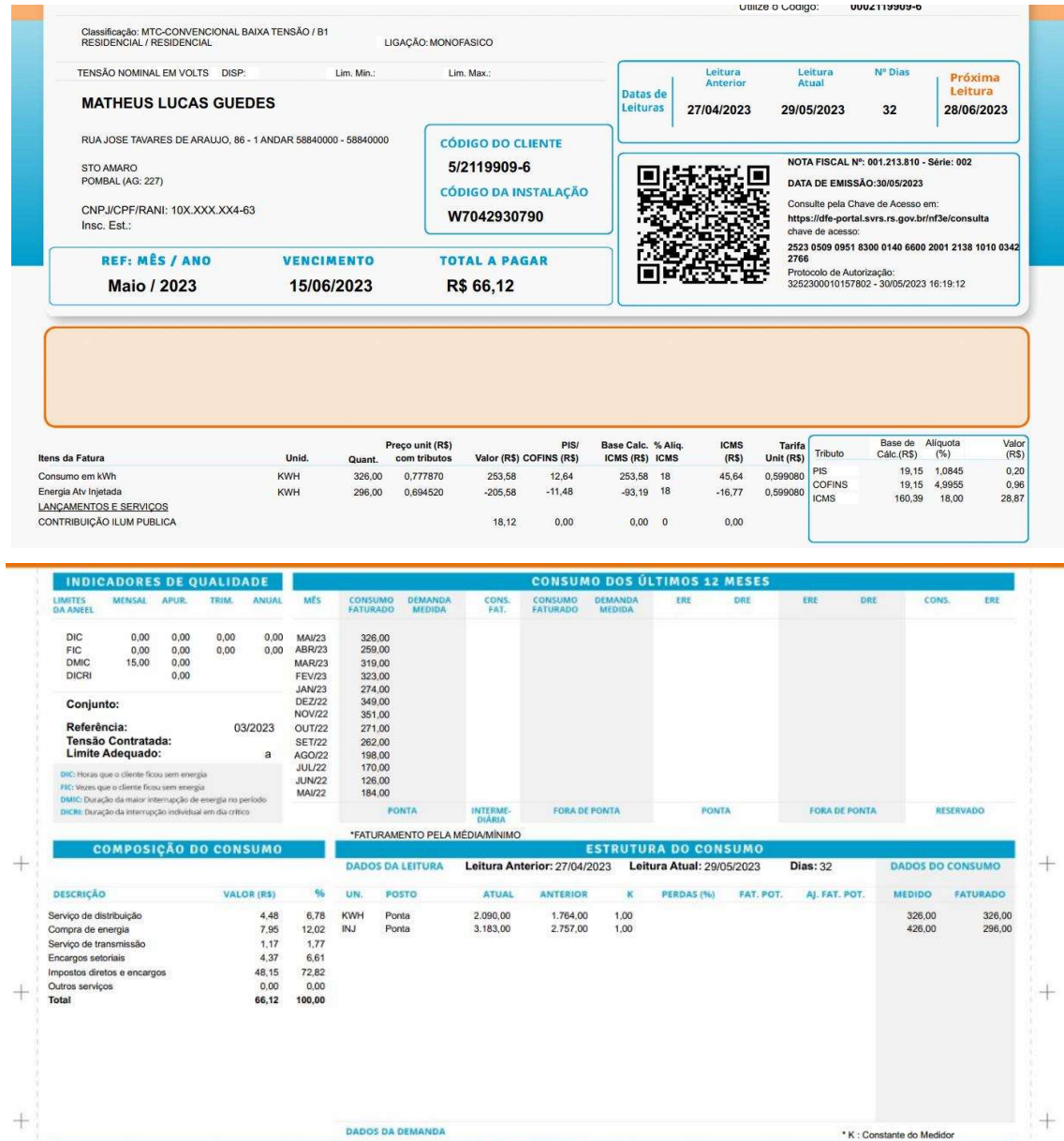
Fonte: Autoria Própria, 2023.

Conforme visto anteriormente através do *payback*, o investimento inicial em relação ao fluxo de caixa do ano analisado se iguala entre os anos 3 e 4. Neste ponto não há ganhos, embora o investimento já tenha sido pago. A partir deste ponto, todo valor é visto como ganho sobre o investimento. Ao final dos 25 anos, o ROI estará estimado em aproximadamente em 1218% acima do que fora investido, ou seja, um total de R\$230.113,75.

5.5.6 Análise da fatura de energia

Foram utilizadas como comparação as faturas de maio de 2022 e maio de 2023. As informações dos valores faturados pela ENERGISA na referência de maio de 2022 são mostradas na Figura 22. Nela, observam-se a cobrança do custo por disponibilidade, a energia injetada na rede, a energia consumida no período, e as taxas adicionais, como ICMS e a taxa de iluminação pública.

Figura 22 – Valores Faturados pela Concessionária em maio de 2023.

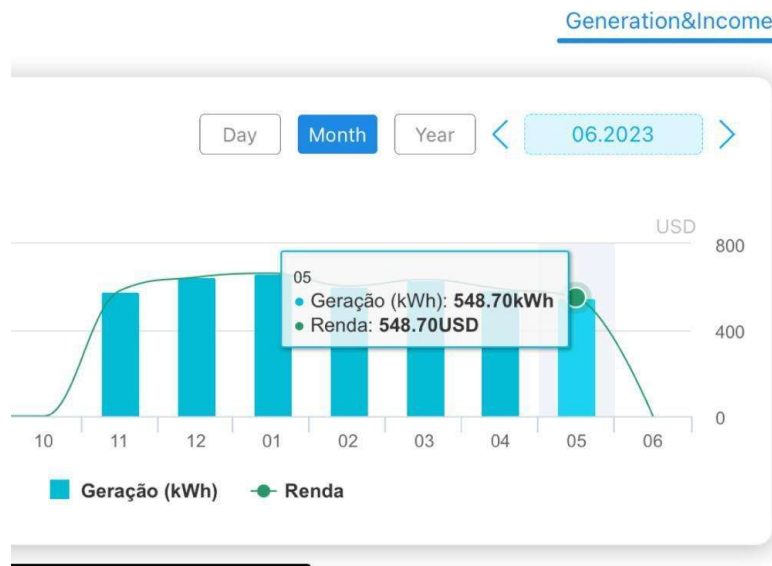


Fonte: Autoria Própria, 2023.

É possível observar que nesse período a leitura no medidor da energia injetada foi de 426 kWh (Figura 22) e a compensação foi de 296 kWh (Figura 22), isso gerou um crédito para meses posteriores junto à concessionária de 130 kWh. Vale ressaltar que, embora a concessionária informe um consumo de 326 kWh, sendo 296 kWh consumidos por compensação e 30 kWh pelo custo de disponibilidade do sistema, o sistema fotovoltaico produziu nesse período uma energia total de 548,70 kWh (Figura 23), houve ainda um consumo instantâneo de 122,70 kWh que não foi injetado no medidor de energia da concessionária. O consumo instantâneo é aquele que ocorre de forma direta durante o funcionamento do sistema fotovoltaico, ou seja, aquele que sai do inversor e vai direto para os eletrodomésticos em

funcionamento, e não passa pelo medidor da concessionária. Para calcular esse consumo instantâneo, faz-se a diferença entre a produção total do sistema mostrada no aplicativo de monitoramento do inversor e o valor da leitura no medidor da concessionária da energia injetada.

Figura 23 – Geração do sistema fotovoltaico em maio de 2023.



Fonte: Aplicativo Portal Solar, 2023.

Figura 24 – Valores Faturados pela Concessionária em maio de 2022.

MATHEUS LUCAS GUEDES
RUA JOSE TAVARES DE ARAUJO 86 1 ANDAR - STO AMARO
CEP 58840000 - POMBAL / PB (AG: 227)
CPF/CNPJ/RANI: 106.050.624-63

Grp/SbgMTC-CONVENCIONAL BAIXA TENSÃO / B1
Cls/Sbc:RESIDENCIAL/RESIDENCIAL MONOFÁSICA
Roteiro: 16-0227-155-3380 Medidor:00008517798

energisa

UNIDADE CONSUMIDORA (UC)
5/2119909-6

CADASTRE SUA FATURA EM DÉBITO AUTOMÁTICO UTILIZANDO O CÓDIGO: 00021199096

VALOR DA FATURA
R\$ 169,43

VENCIMENTO
02/06/2022

REFERÊNCIA
MAI/2022

CONSUMO
184 kWh
6,34kWh MÉDIA DIÁRIA

SITUAÇÃO DE DÉBITOS

CCl	Descrição	QUANT.	TARIFA C/ IMPOSTOS	Valor Total (R\$)	BASE CALC. ICMS(R\$)	Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	BASE CALC. PIS/COFINS (R\$)	PIS (%)	COFINS (%)
601	Consumo em kWh	184	0,849460	156,30	156,3	27	42,20	114,09	0,6671%	3,0729%
	LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
807	CONTRIBUIÇÃO ILUM PUBLICA			13,13	0	0	0,00	0	0	0

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Comparando os valores das faturas de referências 05/2022 e 05/2023, nota-se que houve uma queda nos valores, que passou de R\$169,43 em maio de 2022 para R\$66,12 em maio de 2023, ou seja, uma redução de R\$103,31 o que corresponde a aproximadamente 61,00%. Logo, o sistema instalado trouxe uma economia dentro dos parâmetros esperados. A partir da análise e das informações disponibilizadas pela concessionária foi possível verificar que a cobrança de ICMS ainda ocorre sobre a TUSD relacionada à energia injetada na rede no mês de referência. Infelizmente essa cobrança acaba onerando o micro gerador de energia à medida em que esse micro gerador deve pagar este imposto sobre a energia que é “emprestada” à concessionária.

5.6 Análise dos aspectos ambientais

As atividades antropogênicas, sobretudo aquelas em que o índice de emissões de gases de efeito estufa tem sido cada vez mais alto, têm resultado em mudanças climáticas, e isso aumenta consideravelmente a necessidade de desenvolver tecnologias que apresentem autonomia energética através de fontes limpas.

A obtenção de energia, seja ela renovável ou não, sempre gera algum tipo de impacto ambiental, seja positivo ou negativo, de pequena ou grande proporção. Observa-se, no entanto, que a geração elétrica por meio da energia solar fotovoltaica é a que apresenta menores impactos ao meio ambiente.

O sistema fotovoltaico é uma das grandes alternativas para as empresas na produção de energia elétrica, uma vez que tem o sol, uma fonte limpa e inesgotável, como sua principal matéria prima, sendo este um dos principais pontos positivos, porém é possível citar também alguns aspectos negativos (VIEIRA e SANTOS, 2012).

Segundo a Resolução CONAMA n. 001/86, impacto ambiental é “... qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetem: a saúde, a segurança, e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidades dos recursos ambientais.”

Diante disso, pode-se citar alguns impactos ambientais negativos e positivos gerados pelo uso da energia solar fotovoltaica.

5.6.1 Aspectos ambientais negativos

Segundo Barbosa et al. (2015), existem alguns possíveis impactos negativos na utilização da energia solar fotovoltaica que incidem sobre o meio físico, biótico e

socioeconômico. Os principais impactos envolvendo os respectivos meios, são:

- Alteração e/ou modificação da paisagem: variam conforme o porte e o local do empreendimento. Ocorre geralmente quando grandes faixas de terra são usadas para implantação de grandes usinas solares, e a paisagem natural é modificada, em casos mais severos, a paisagem pode ser deteriorada, sendo necessárias medidas de controle e mitigação;
- Movimentação de recursos humanos, maquinários e equipamentos: ocorre durante a instalação de uma usina solar fotovoltaica em uma região que anteriormente era considerada de difícil acesso ou até mesmo isolada;
- Geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar: a circulação de veículos, máquinas, bem como a deposição de materiais diversos e o manejo de materiais terrosos, podem causar, durante o andamento da obra, o lançamento de poeira fugitiva (material particulado) e a emissão dos gases de efeito estufa, como o CO₂, alterando o padrão da qualidade do ar local. As poeiras podem depositar-se sobre áreas de vegetação e/ou em cursos d'água, causando alterações na paisagem e nos ciclos de suprimento da fauna e da sociedade local.
- Geração ou acirramento de processos erosivos e alterações do comportamento hídrico e do fluxo hidrológico superficial: Com o desmate e os destocamentos do terreno, poderão ocorrer perdas da camada superficial do solo, pois as raízes carregam volumes de solo superficiais, deixando a superfície mais susceptível a agentes erosivos. Por conseguinte, processos naturais de transporte e migração de sedimentos arenosos podem intensificar-se para direções mais baixas, como vales de pequenos cursos d'água, podendo ocorrer assoreamento de cursos de drenagens naturais, chegando até a afetar o comportamento hídrico local. Já quando as estradas estiverem efetivamente implantadas e ativas, poderão ocorrer processos erosivos em seus leitos durante o período chuvoso, se tais vias não forem pavimentadas. Ainda nesta etapa de implantação poderão ocorrer alterações no fluxo hidrológico superficial da área de influência direta do empreendimento, tendo em vista que alguns trechos das vias poderão conter o fluxo natural das águas, diminuindo a superfície de infiltração das águas pluviométricas. Os processos erosivos estão diretamente relacionados à dinâmica de escoamento das águas superficiais.

- Alterações morfológicas e instabilidade temporária da superfície - As alterações geotécnicas e na morfologia do solo podem causar instabilidade na sua superfície. No caso da implantação de usinas solares fotovoltaicas, podem ocorrer tais alterações, gerando instabilidade localizada no solo e nas bacias de contribuição hídrica de todo o entorno da obra, o que pode favorecer a movimentação de materiais e sedimentos arenosos, culminando em assoreamento de drenagens naturais e desencadeando processos erosivos
- Geração de resíduos sólidos e/ou contaminação dos solos: é fato que durante a instalação de um sistema fotovoltaico existe a geração de resíduos sólidos, os quais devem ser manuseados e realocados de maneira correta evitando a contaminação do solo;
- Perca da cobertura vegetal: a vegetação tanto de pequeno porte quanto de grande porte pode ser removida ou deslocada a fim de garantir um melhor posicionamento dos painéis e isso pode causar impactos consideráveis;
- Alteração da dinâmica dos ecossistemas locais: com a construção de vias de acessos, pode-se ocasionar uma modificação na dinâmica ambiental e alterações do fluxo hidrológico decorrentes de uma possível compactação do solo;
- Possível fuga da fauna local: durante o processo de desmatamento e abertura de áreas florestais pode ocorrer a fuga da fauna para regiões impróprias, causando um desequilíbrio local;
- Diminuição do potencial ecológico: o habitat natural sendo degradado vai existir uma diminuição no desenvolvimento de várias espécies de animais.
- Riscos de acidentes com animais ou causados por animais: as mudanças nas rotas de fuga e nos limites naturais das comunidades formadas pelas espécies locais, além da remoção de tocas e esconderijos de determinadas espécies, pode causar a fuga de parte da fauna ou ainda sua invasão às áreas do empreendimento.
- Aumento do fluxo de veículos: a movimentação de veículos pode gerar transtornos à sociedade local como, por exemplo, ocasionar poeira, poluição auditiva, emissão de gases, podendo ainda ocasionar possíveis acidentes com pessoas e afastamento da fauna local.
- Riscos de acidente de trabalho: estes riscos se acentuam com o uso de máquinas pesadas, ferramentas de corte e o aumento do fluxo de veículos.

Pode-se citar ainda como um impacto negativo o alto custo de aquisição dos equipamentos.

Tabela 5 - Impactos Ambientais Negativos.

IMPACTO	MEIO	APLICAÇÃO/RELEVÂNCIA
Alteração/modificação da paisagem	FÍSICO	Não se aplica
Geração de resíduos sólidos e riscos de contaminação do solo	FÍSICO	Irrelevante
Geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar	FÍSICO	Irrelevante
Geração ou acirramento de processos erosivos e alterações do comportamento hídrico e do fluxo hidrológico superficial	FÍSICO	Não se aplica
Degradação da paisagem	FÍSICO	Não se aplica
Alterações morfológicas e instabilidade temporária da superfície	FÍSICO	Não se aplica
Perca da cobertura vegetal	BIOLÓGICO	Não se aplica
Alteração da dinâmica do ecossistema	BIOLÓGICO	Não se aplica
Possível fuga da fauna e flora	BIOLÓGICO	Não se aplica
Diminuição do potencial ecológico	BIOLÓGICO	Não se aplica
Riscos de acidentes com animais ou causados por animais	BIOLÓGICO	Não se aplica
Aumento do fluxo de veículos	SOCIOECONÔMICO	Não se aplica
Riscos de acidente de trabalho	SOCIOECONÔMICO	Irrelevante
Custo de aquisição dos equipamentos	SOCIOECONÔMICO	Se aplica

Fonte: Autoria Própria, 2023.

Vinculando esses possíveis impactos negativos citados anteriormente pelos autores com a realidade do sistema solar fotovoltaico deste estudo, pode-se observar que a maioria não se aplica ou é irrelevante. É possível observar no Tabela 5 que, entre os 14 impactos citados,

apenas 01 é aplicável, comprovando, assim, que a energia solar fotovoltaica é verdadeiramente renovável, limpa e sustentável.

No que diz respeito aos impactos negativos irrelevantes, esses são observados no meio físico quanto à geração de resíduos sólidos, geração de poeira/gases e riscos de acidentes de trabalho. Observa-se também que alguns impactos negativos não se aplicam à implantação do sistema solar fotovoltaico deste estudo.

Os impactos ambientais mais significantes dos sistemas fotovoltaicos são provocados durante a fabricação de seus materiais e a implantação das grandes usinas. Durante o processamento da matéria prima para a produção dos módulos e componentes periféricos de um sistema fotovoltaico, são emitidos produtos tóxicos (arsênico, gálio e cádmio), tais como ácidos e produtos cancerígenos, além de CO₂, SO₂, NO₂ e particulados. Além disso, todo o material utilizado no sistema, ao final de sua vida útil, deve ser descartado de forma correta (ANATOMI E UDAETA, 2005).

Ainda de acordo com Barbosa et al. (2015), a maioria dos impactos negativos previstos para a fase de implantação do empreendimento tem efeito temporário, e grande parte dos impactos positivos tem seus efeitos postergados após a fase implantação e se consolidam durante a fase de operação. Apesar disso, é preciso uma análise criteriosa da área prevista para o empreendimento, de modo a propiciar a adoção de medidas preventivas e mitigadoras quanto à efetivação destes impactos ambientais.

Contudo, de um modo geral, os impactos negativos provocados por sistemas fotovoltaicos são bastante reduzidos quando comparados com os impactos positivos e as vantagens de sua implantação.

5.6.2 Aspectos ambientais positivos

Segundo Oliveira (2011) existe uma série de aspectos positivos na utilização do sistema fotovoltaico, os quais são de grande relevância ambiental, social e econômica, são eles:

- Energia Renovável: sua matéria prima, o sol, é inesgotável;
- Energia Sustentável: satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade de geração das gerações futuras;
- Custo benefício: considerando o tempo de vida útil de seu painel, pela quantidade de energia elétrica produzida, percebe-se que os custos da conta de

luz são nitidamente mais baixos durante os anos de uso;

- Geração de emprego e renda: nesse tipo de empreendimento, muita mão de obra local e regional é contratada para executar a instalação dos equipamentos o que possibilita melhorias na qualidade de vida das comunidades próximas;
- Autonomia de geração: as pessoas não ficam reféns das concessionárias de energia;
- Valorização do imóvel: com a implantação de um sistema fotovoltaico o valor de um imóvel pode crescer entre 4% e 6%, segundo o Laboratório Nacional Lawrence Berkeley (EUA). Já em casos de imóveis sustentáveis certificados, este aumento pode chegar a 30%, segundo a revista STAND, em 2014;
- Não emite som ou ruído: Um dos benefícios da energia solar é que os painéis fotovoltaicos não fazem barulho ao gerarem energia. A geração fotovoltaica é 100% silenciosa;
- Não polui: durante o seu funcionamento não se emite, na atmosfera, nenhum tipo de poluente;
- Baixa necessidade de manutenção: apesar de ser uma tecnologia de custo elevado, os painéis utilizados na produção de energia são resistentes e praticamente não oferecem custos de manutenção.

Tabela 6 – Impactos Ambientais Positivos.

IMPACTO	APLICAÇÃO/RELEVÂNCIA
Energia renovável	Se aplica
Energia sustentável	Se aplica
Custo benefício	Se aplica
Geração de emprego e renda	Se aplica
Manutenção mínima	Se aplica
Autonomia de geração	Se aplica
Valorização do imóvel	Se aplica
Não emite som ou ruído	Se aplica
Não polui	Se aplica
Baixa necessidade de manutenção	Se aplica

Fonte: Autoria Própria, 2023.

É possível observar na Tabela 6 que todos os aspectos abordados como impactos positivos, resultantes da utilização do sistema solar fotovoltaico, são aplicáveis e têm relevância ambiental e socioeconômica.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo dimensionar e analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de um projeto solar fotovoltaico conectado à rede da concessionária em uma residência unifamiliar na cidade de Pombal, estado da Paraíba.

Para o estudo em questão, a fim de abater a porcentagem desejada de energia elétrica da fatura de energia da residência, chegou-se ao valor necessário de 4,08 kWp de potência instalada para o sistema solar fotovoltaico, sendo assim, enquadrado como um sistema de microgeração e capaz de produzir 7275 kWh no primeiro ano de operação. De acordo com os cálculos, são necessários 12 módulos fotovoltaicos de 340 Wp e um inversor de tensão de 3 kW para o gerador abater 100% da fatura de energia elétrica da residência. Este trabalho foi desenvolvido observando as normas e especificações dos componentes do sistema solar fotovoltaico, com o objetivo de assegurar o correto funcionamento dos equipamentos, sem sobrecargas, além do uso adequado dos mecanismos de proteção para precaução de acidentes ou surtos.

Com relação à viabilidade econômica do projeto, optou-se por uma análise visando o tempo de retorno necessário para o investimento inicial. De posse dos custos do investimento inicial e dos custos de manutenção e dos reembolsos proporcionados pelo abatimento da fatura de energia elétrica, é possível obter o fluxo de caixa utilizado no cálculo de *Payback* e ROI. O preço médio do kWh com impostos inclusos foi reajustado anualmente através da taxa de inflação indexada ao IPCA de 5,79 % ao ano. Com isso, foi possível obter o retorno que o investimento trará ao término do período de 25 anos (ROI).

Os resultados podem ser considerados satisfatórios. Com um investimento inicial de R\$ 18.900,00, a análise de *Payback* indica que o investimento será liquidado do 3º para o 4º ano de operação do sistema solar fotovoltaico. Por fim, o retorno sobre o investimento (ROI) mostra que o investidor terá um retorno total de R\$ 230.113,75 ao término do período de 25 anos de operação do sistema, valor este aproximadamente doze (12) vezes o valor do investimento inicial. Também, pode-se ressaltar que os valores apresentados, ainda assim, desprezam ganhos indiretos, como a valorização do imóvel e ganhos sócio-ambientais.

Diante disso, pode-se concluir que o uso da energia solar fotovoltaica como fonte de energia elétrica é viável tanto economicamente quanto ambientalmente, uma vez que é um fonte de energia limpa, renovável e em sua operação e uso causam menores danos ao meio ambiente. Como desvantagens dos sistemas de energia solar fotovoltaicos, pode-se citar o alto custo dos equipamentos e a dependência climática.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Energia solar deve responder por 17% da matriz brasileira até 2023.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-deve-responder-por-17-da-matriz-brasileira-ate-2023/>. Acesso em: 2 fev. 2023.

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Energia Solar é a Segunda maior fonte de energia do país.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-e-a-2a-maior-fonte-energetica-do-pais-como-ter-em-casa/>. Acesso em: 01 jan. 2023.

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Como foi a Indústria Fotovoltaica da China em 2021.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/como-foi-a-industria-fotovoltaica-da-china-em-2021/>. Acesso em 01 jan. 2023.

ABSOLAR. **Infográfico.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 01 jan. 2023.

ANEEL. **Resolução Normativa No482, de 17 de abril de 2012.** [S.l.], abr. 2012. Disponível em: <tp://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2023.

ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica.** 2. ed. Brasília, DF, maio 2016.

ALDO SOLAR. **Tudo sobre string-box.** Disponível em: <https://www.aldo.com.br/categoria/energia-solar/produtos/string-box>. Acesso em: 24 jan. 2023.

ANATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos.** III Workshop Internacional Brasil - Japão, 2005. Universidade de São Paulo – UPS, São Paulo.

ASSUNÇÃO, F. C. R., 2010. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Subsídios para Tomada de Decisão.** Série Documentos Técnicos, CGEE, Maio.

BARBOSA, W. P. F.; FERREIRA W. R.; AZEVEDO, A. C. S.; COSTA A. L. C.;

BRASIL ESCOLA. **O que é radiação?** Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-radiacao.htm>. Acesso em: 22 jan. 2023.

BESSO, Rachel. **Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à rede.** Monografia (Especialização). UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

CANAL ENERGIA. **Brasil ocupa oitavo lugar no ranking mundial da fonte solar.** Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53241397/brasil-ocupa-oitavo-lugar-no-ranking-mundial-da-fonte-solar>. Acesso em 23 de março 2023.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água**

subterrânea. Diagnóstico do município de Ibimirim, estado de Pernambuco / Organizado [por] MASCARENHAS J.C. et. al. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 33p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. Acesso em: 22 dez. 2022.

CRESESB. *Potencial Solar Sun Data v 3.0*. 2018.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Pombal, estado da Paraíba** / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrã, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Fontes de Energia**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia#:~:text=S%C3%A3o%20exemplos%20de%20fontes%20renov%C3%A1veis,das%20mar%C3%A9s%20e%20das%20ondas>). Acessado em: 21 jan. 2023

ENERGIA HOJE. Proinfa – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. Disponível em: <https://energiahoje.editorabrasilenergia.com.br/glossario/proinfa-programa-de-incentivo-as-fontes-alternativas-de-energia-eletrica/#:~:text=Criado%20pela%20Lei%2010.438%2F2002,concession%C3%A1rias%20de%20gera%C3%A7%C3%A3o%2C%20transmiss%C3%A3o%20ou>. Acesso em: 10 fev. 2023.

ENERGÊS. **DO INÍCIO AO FIM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO ON-GRID**. Disponível em: <https://energes.com.br/sistema-solar-on-grid/#:~:text=Basicamente%20o%20sistema%20fotovoltaico%20on,e%20a%20rede%20da%20concession%C3%A1ria>. Acesso em: 13 fev. 2023.

ESFERA ENERGIA. **O que é energia geotérmica, como ela é gerada e principais vantagens**. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/fontes-de-energia/o-que-energia-geotermica>. Acesso em: 23 jan. 2023.

EXAME. **Quais são as fontes de energias renováveis e não renováveis?** Disponível em: <https://exame.com/negocios/fontes-energias-renovaveis/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

IBGE (10 out. 2002). **Área territorial oficial. Resolução da Presidência do IBGE de nº5 (R.PR-5/02)**. Consultado em 5 de dezembro de 2022

INEE: **Instituto Nacional de Eficiência Energética. Geração Distribuída**. Disponível em: <http://www.inee.org.br>. Acesso em: 20 nov. 2022.

INMEDIAM. **Energia Solar: Economia e Sustentabilidade**. Disponível em: <https://blog.inmediam.com.br/energia-solar-economia-e-sustentabilidade/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

LARONDE, R. *PV Systems Energy Production Considering the Time-Variant Reability and Eletrical Losses*. France: University of Angers, 2010

LIMA, J. B. A. **Otimização de Sistema de Aquecimento Solar de Água em Edificações Residenciais Unifamiliares**. 142 f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MANI, M.; PILLAI, R. *Impact of dust on solar photovoltaic (pv) performance: Research status, challenges and recommendations*. Elsevier, v. 14, p. 3124–3131, 2010.

MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RUTHER, R. **Pré— Dimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo de Caso do Edifício Sede do CREA_SC – ENTAC**, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: 20 jan. 2023.

MARION, B. *Performance Parameters for Grid-Connected PV Systems*. USA: National Renewable Energy Laboratory, 2005

MEHLERI, E. et al. *Determination of the optimal tilt angle and orientation for solar photovoltaic arrays*. Elsevier, v. 35, p. 2468–2475, nov. 2010.

NREL. *Glossary of solar radiation resource terms: National Renewable Energy Laboratory*. 2017. Disponível em: <https://www.nrel.gov>. Acesso em: 20 jan. 2023.

OLIVEIRA, T. R. **Geração de energia x Impacto ambiental**. Fundação educacional de Ituiutaba – Campus UEMG. Ituiutaba/Minas Gerais 2011.

OLIVEIRA, S. H. F. **Geração Distribuída de Eletricidade: inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Energia). São Paulo, 2002. Disponível em: <tp://lsf.iee.usp.br/lsf/pdf/doutorado>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PLANALTO. **Lei 11.430**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm. Acesso em: 01 jan. 2023.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Riode Janeiro, mar. 2014

PORTAL SOLAR. **Confira as mudanças trazidas pelo marco legal da distribuição**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/lei-14300-confira-as-mudancas-trazidas-pelo-marco-legal-da-geracao-distribuida>. Acesso em: 01 jan. 2023.

PORTAL SOLAR. **Célula Fotovoltaica: tudo o que você precisa saber**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PORTAL SOLAR. **Quem Criou a Energia Solar? História da Energia Solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PORTAL SOLAR. **Energia Eólica: o que é, como funciona, vantagens e desvantagens**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-eolica-como-funciona.html>. Acesso em: 01 jan. 2023.

RAÍZEN. **Energia a partir da biomassa: entenda o que é e para que serve!** Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/energia-biomassa>. Acesso em: 23 jan. 2023.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** [S.l.]: LABSOLAR, 2004. ISBN 85-87583-04-2

SÁLES, I. C. F. **Análise da Substituição do Chuveiro Elétrico por Aquecedor Solar: Uma Contribuição ao Setor Elétrico na Conservação de Energia.** 158 f. Dissertação (mestrado) – Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=129214. Acesso em: 20 nov. 2022.

STEFFENS, E. **Microgeração Solar Distribuída: Estudo de Caso Técnico e Econômico para Aviários em Águas Mornas - SC.** Monografia (Graduação) - UFSC, Florianópolis, SC, 2017.

TOLMASQUIN, M. T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil.** Rio de Janeiro: Interciência, 2003. ISBN 85-7193-095-3.

VALLINA, Miguel Moro. *Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid: Paraninfo, 2010.

VIEIRA, M.; SANTOS, A. **O meio ambiente sustentável e a energia solar.** Ciência Exatas e Tecnológicas. Sergipe v. 1 n.15 p. 131-139 out. 2012.

ANEXOS

ANEXO A - Formulário de Solicitação de Acesso.

14. Anexo II - Formulário de Solicitação de Acesso para Microgeração Distribuída com Potência Igual ou Inferior a 10kW (anexo II - PRODIST módulo 3 seção 3.7)

1 - IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC		
Código da UC: 5/2119909-6	Classe: RESIDENCIAL / RESIDENCIAL	
Titular da UC: MATHEUS LUCAS GUEDES		
Rua/Av.: RUA JOSE TAVARES DE ARAUJO	Nº. 86/ 1 ANDAR	CEP: 58840-000
Bairro: STO AMARO	Cidade: POMBAL	
E-mail: engcivilmatheusguedes@gmail.com	UF: PB	
Telefone: 83 99679-8950	Celular: 83 99679-8950	
CNPJ/CPF: 106.050.624-63		
2 - DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA		
Potência Instalada (kW): 3,0 kW	Tensão de Atendimento (V): 220/380 V	
Tipo de Conexão:	Monofásica <input checked="" type="checkbox"/>	Bifásica <input type="checkbox"/> Trifásica <input type="checkbox"/>
3 - DADOS DA GERAÇÃO		
Potência Instalada de Geração (kWp): 4,08 kWp		
Tipo da Fonte de Geração:		
Hidráulica <input type="checkbox"/>	Solar <input checked="" type="checkbox"/>	Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/>
Outra (Especificar):		
4 - DOCUMENTAÇÕES A SEREM ANEXADAS		
1. ART do Responsável Técnico pelo Projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração;	<input type="checkbox"/>	
2. Diagrama unifilar contemplando Geração/Proteção (inversor, se for o caso)/Medição e memorial descritivo da instalação;	<input type="checkbox"/>	
3. Certificado de Conformidade do(s) Inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) Inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede;	<input type="checkbox"/>	
4. Dados Necessários ao Registro da Central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg	<input type="checkbox"/>	
5. Lista de Unidades Consumidoras participantes do sistema compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI e VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012;	<input type="checkbox"/>	
6. Cópia de Instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver);	<input type="checkbox"/>	
7. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver)	<input type="checkbox"/>	
5 - CONTATOS NA DISTRIBUIDORA (PREENCHIDO PELA DISTRIBUIDORA)		
Responsável/Área:		
Endereço:		
Telefone:		
E-mail:		
6 - SOLICITANTE		
Nome/Procurador Legal: MATEUS CAMPOS FALCÃO		
Telefone: (83) 99140-7200		
E-mail: mateuscamosfalcao@gmail.com		
Pombal, PB	/ /	<i>Matheus Campos Falcão</i>
Local	Data 02/08/2022	Assinatura do Responsável

ANEXO B - Anotação de Responsabilidade do responsável pelo projeto elétrico.

Página 1/1



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-PB

ART OBRA / SERVIÇO
Nº PB20220466104

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Paraíba

INICIAL

1. Responsável Técnico

MATEUS CAMPOS FALCÃO

Título profissional: ENGENHEIRO ELETRICISTA

RNP: 1618560468

Registro: 11091552019PB

2. Dados do Contrato

Contratante: MATHEUS LUCAS GUEDES

RUA JOSE TAVARES DE ARAUJO

Complemento: 1 ANDAR

Cidade: POMBAL

Bairro: STO AMARO

UF: PB

CPF/CNPJ: 106.050.624-63

Nº: 86

CEP: 58840000

Contrato: Não especificado

Valor: R\$ 18.000,00

Ação Institucional: Outros

Celebrado em: 01/08/2022

Tipo de contratante: Pessoa Física

3. Dados da Obra/Serviço

RUA JOSE TAVARES DE ARAUJO

Complemento: 1 ANDAR

Cidade: POMBAL

Data de Início: 08/08/2022

Finalidade:

Proprietário: MATHEUS LUCAS GUEDES

Bairro: STO AMARO

UF: PB

Nº: 86

CEP: 58840000

Previsão de término: 12/08/2022

Coordenadas Geográficas: 0, 0

Código: Não Especificado

CPF/CNPJ: 106.050.624-63

4. Atividade Técnica

1 - DIRETA

50 - EXECUCAO E PROJETO > OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA > ELETROTÉCNICA APLICADA > GERAÇÃO DE ENERGIA > #1786 - SOLAR

Quantidade

Unidade

4,08

kw

46 - INSPEÇÃO > OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA > ELETROTÉCNICA APLICADA > REDE ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO > #1803 - RESIDENCIAL

4,08

kw

39 - INSTALAÇÃO > OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA > ELETROTÉCNICA APLICADA > SISTEMA DE ATERRAMENTO AS-BUILT > #1833 - INSTALAÇÃO ELÉTRICA

4,08

kw

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Projeto e execução de um sistema de microgeração fotovoltaico de 4,08 kWp

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-PB, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.

7. Entidade de Classe

NENHUMA - NAO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Pombal, 02 de agosto de 2022

Local

data

Mateus Campos Falcão

MATEUS CAMPOS FALCÃO - CPF: 108.229.024-60

Mateus Campos Falcão

MATEUS LUCAS GUEDES - CPF: 106.050.624-63

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Valor da ART: R\$ 233,94 Registrada em: 02/08/2022 Valor pago: R\$ 233,94 Nosso Número: 3713534

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <http://crea-pb.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 2W19Y
Impresso em: 02/08/2022 às 10:45:13 por: .ip: 179.185.186.106

sic.creapb.org.br
Tel: (83) 3533 2525

creapb@creapb.org.br
Fax:

CREA-PB
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Paraíba



ANEXO C - Memorial Descritivo da instalação.

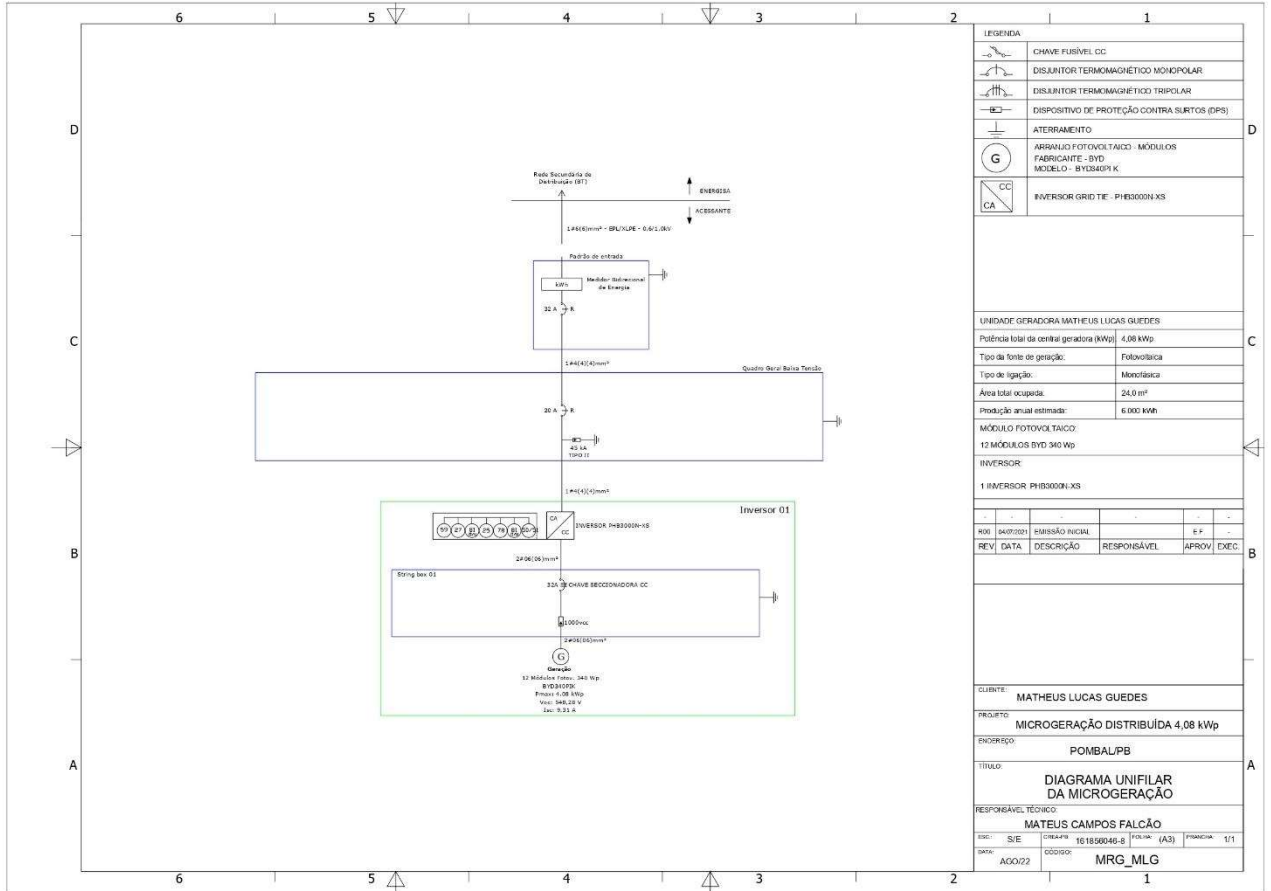
MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD) SOLAR				
Tipo de Projeto		Microgeração	Previsão de atendimento: Agosto 2022	
FINALIDADE: O projeto tem como finalidade atender a residência registrada pelo nº da UC 5/21.19908-6, fazendo conexão com a rede elétrica da concessionária e participar do sistema de compensação.				
Nomes e End. dos Técnicos e Realização Responsável:		En: NDU013, NDU001, Revolução 482, NDU 015, Prédio 3.7, Revolução 987		
DADOS DO PROPRIETÁRIO:				
NOME: MARIANE LUCAS SOARES				
RESID: Fozca		CPF: 129.020.824-83		
ENDEREÇO: RUA JOSÉ FERNANDES DE ARAUJO		Nº: 88		QDMP: 1 ANDAR
BAIRRO: STO. ANJÁRIO		CIDADE: JOIAS/MS		UF: MS
EMAIL: marianelucassoares@gmail.com				
TELEFONE: (67) 3849-8850				
DADOS DA OBRA:				
EDIFICAÇÃO: RESIDÊNCIA				
ENDEREÇO: RUA JOSÉ FERNANDES DE ARAUJO		Nº: 88		QDMP: 1 ANDAR
BAIRRO: STO ANJARIO		CIDADE: JOIAS/MS		ZONA: Urbana
Dados da Unidade Consumidora Geradora				
UNIDADE CONSUMIDORA EXISTENTE:	5/21.19908-6	Modelo:	Geração na Própria UC	
Tipo de Fonte de Geração:	Solar	Potência de Geração:	3,08 kWp	
Potência prevista para instalação UC:	3,0 kW	Tipo de Ramal de Entrada:	Área	
Tipo de energia:	Monofásico	Classe de Atendimento:	Residencial	
Tensão de conexão:	220/380V			
Dimensões do Painel de Entrada:	O estabelecimento possui o painel de entrada encaixado na categoria M1, com Condutor de cobre com Isolação PVC de 6mm ² com cores distintas para a fase (Azul e Neutro) e Disjuntor monopolar de 20A. Para o aterramento 16 x 2600 mm e eletrodos de PUC 32 mm rígido			
DECREVAR ABaixo TODAS AS UCs QUE NÃO PARTICIPAM DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO:				
Nº UC	% de Compensação	Nº UC	% de Compensação	
DADOS DO RESP. TÉCNICO:				
NOME: Mateus Campos Felber				
REG. PROFISSIONAL: 15185626-6		ORÇÃO: 1211178		CPF: 204.224.004-80
EMAIL: mateuscamposfelber@gmail.com				
TELEFONE: (67) 93440-7200				
RECEBER EM NOTAS				
FORMAÇÃO PARA REGISTRO DE PROFISSIONAL DO CREA/MS - 15185626-6 - 15185626-6 - 15185626-6				

MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD) SOLAR			
Informações Das Placas			
Fabricante das Placas:	BYD	Modelo das Placas:	BYD540PHE
Potência Individual das Placas (kW):	340	Quantidade de Placas:	12
Potência Total da Geração (kW):	408	Área Total das Gerações (m ²):	36
Localização da Instalação das placas:	Terminado no telhado		
Informações Sobre Inversores			
Fabricante do Inversor:	PHB	Modelo do Inversor:	PHB5000VCS
Potência Individual dos Inversores (kW):	5,0 kW	Quantidade de Inversores:	1
Potência Total do Inversor (kW):	5,0 kW	Localização do Inversor:	O inversor será instalado fora de residência
Altura do Inversor - Do topo do telhado até a placa instalada:	1,50m	Condições:	Região EC-4 (EC-1/2/3/2004 - EC-4/6/116/2014)
Descrição dos equipamentos de proteção:	Para o lado CC o sistema possui um disjuntor de 40,0 A (V), sendo utilizado condutores CC de 6mm ² , que suportam uma corrente de até 95 A, um polo positivo um negativo. Este cabo irá ter 1,2 metros, arranjado em uma string de 12 placas conectada ao MPPT 1 do inversor 1. Deste condutor irá ligar a um fusível de 25 A e um diodo CC de corrente máxima de 201A, além de estar ligado a uma chave seletora de 52 A e ser conectado ao inversor. Para o lado CA, o inversor tem uma saída trifásica com os condutores fase e neutro dimensionados à 16 mm ² para suportar uma corrente máxima de saída do inversor. Colocar o um do CA ligado a fase e um ao neutro com valor de corrente máxima de 46A e um do outro monopolar de 20A.		
Características de Operação			
Descrição:	Parâmetros:	Tempo de Atuação	
Tensão no ponto de Conexão:	$V \leq 0,9 (0,8 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,4 s	
Tensão no ponto de Conexão:	$V \leq 1,10 (1,1 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,2 s	
Regime Normal de Operação:	$80 \% \leq V \leq 1,10 V_n$	Condições normais	
Sobretensão:	$f \leq 57,5 \text{ Hz}$	Desligar em até 0,2 s	
Sobretensão:	$f \leq 61,0 \text{ Hz}$	Desligar em 0,2 s	
Frequência Nominal de Rede:	$f \leq 80 \text{ Hz}$	Condições normais	
Área a partir da qual o inversor deve retirar o tempo de desconexão de a rede a ser rede:	16 metros	Interrupção em até 2s	
Após o restabelecimento das condições normais de tensão e frequência de rede, o tempo:	Reconheço	Após 180s	
NOTAS:			
1. Os inversores de tensão serão instalados em local de fácil acesso para manutenção e onde o visual do inversor deverá ficar uma altura mínima de 1,50m do piso acabado ao seu topo.			
2. Póximo à caixa de medição deverá ser instalado uma placa de identificação com os seguintes dados: "CUIDADO - RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO - GERAÇÃO PRÓPRIA".			
3. A placa de identificação deve ser confeccionada em PVC ou acrílico com espessura mínima de 1mm e conforme modelo apresentado no desenho LD, atendendo à Norma Técnica OLS.			
4. Para os níveis de criação no edifício deverá ser instalado a caixa de medição trifásica, pois a monofásica não suporta a medição bifásica.			
Observações do projeto:			
IMPACTOS AMBIENTAIS			
IMPACTO PARA O AMBIENTE: O PROJETO NÃO CAUSA IMPACTOS NEGATIVOS PARA O AMBIENTE LOCAL E REGIONAL.			

ANEXO D - Especificações técnicas dos equipamentos a serem instalados.

MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD) SOLAR			
Informações Das Placas			
Entrada de Módulos	8VD	Modelo das Módulos	8/12540/PL
Potência Instalada dos Módulos (kW)	360	Quantidade de Módulos	12
Potência Total da Geração (kW)	4,08	Área Total das placas (m ²)	24
Localização de instalação das placas	Terreço da residência		
Informações Dos Inversores			
Fabricante do Inversor	PHB	Modelo do Inversor	PHB8000/4V3
Potência Instalada dos Inversores (kW)	3,01VW	Quantidade de Inversores	3
Potência Total do Inversor (kW)	3,01VW	Comodidade do Inversor	O inversor será instalado fora da residência
Área do Inversor - Dimensionar o valor em m ² para a cabine	1,50m	Certificação	Registro E-04-01.727/2004 - E-04-02.116/2014
Descrição dos equipamentos de proteção	Para o lado CC o sistema gerador fotovoltaico de 4,08 kWp, serão utilizados condutores CC de 6mm ² , que suportem uma corrente de até 75 A, um polo positivo e um negativo. Para o sistema será 1,73kVca, a medida em uma string de 12 placas no máximo de 1000V _{cc} . Cada condutor será ligado a um polo de 23 A e um lado CC de corrente máxima de 80V _{cc} , além de estar protegido a uma chave temporária de 32 A e acima conectada ao inversor. Para o lado CA, o inversor tem uma saída monofásica com condutores fase e neutro dimensionados à 4 mm ² para suportar corrente máxima de saída do inversor. Calcular as dimensões CA ligadas a fase e um neutro com valor de corrente máxima de 80V _{ca} e um diâmetro monofásico de 20 A.		
Características			
Descrição	Parâmetros	Temperatura de Atuação	
Tensão no ponto de Conexão:	V _{cc} 80% (0,8 PU) Vn	Desligar em 0,4 s	
Tensão no ponto de Conexão:	V _{cc} 120% (1,2 PU) Vn	Desligar em 0,2 s	
Regime Nominal de Operação:	80 % < V _{cc} < 110%	Condições nominais	
Subfrequência:	f < 57,5 Hz	Desligar em até 0,2 s	
Sobrefrequência:	f > 62,5 Hz	Desligar em 0,2 s	
Exatidão Nominal de Saída:	± 0,5 %	Condições nominais	
Base a ser utilizada no alinhamento, nível e inclinação: a ser reconhecido de acordo com o projeto.	Iluminoso	Intercomparar em até 2s	
Aplicar o comando de condições nominais de tensão e a separação de rede, no caso:	Reservado	Após 300s	
NOTAS:			
1. Os inversores deverão ser instalados em local de fácil acesso ao ar onde o visor do inversor deverá ficar a uma altura mínima de 1,50m do piso acabado ao seu base.			
2. Polímero à base de medição deverá ser instalado numa placa de suporte não condutor, segundo as dimensões: "QUADRO - RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO - CRIAÇÃO PADRÃO"			
3. A placa de suporte deverá ser confeccionada em PVC ou acrílico com espessura mínima de 1mm e conforme modelo apresentado no desenho L5, anexo na Norma Técnica 015			
4. Para os níveis de energia monofásica deverá ser instalado a caixa de medição elétrica por a monofásica não suporte a medição bidirecional.			
Observações e do projeto:			
PARTE DE ENTREGA			
LIVRO PARA REGISTRO, ENTREGA E RECEBIMENTO DO PROJETO DE INSTALAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			

ANEXO E – Diagrama Unifilar.



ANEXO G – Datasheet e certificados.



19.0%
Average cell efficiency up to 19.0%
Excellent optical performance

0-5W
Power tolerance 0-5W
Reliability for output performance

12
Years
12 years for product
25 years linear Warranty

Grid
Residential roof top systems
On/Off-grid commercial systems
On/Off-grid utility systems

3rd
Design loads: 3600 Pa for positive (downward) and 1600 Pa for negative (upward) Safety factors Ym: 1.5
Corresponding to maximum snow and ice load 5400Pa, maximum wind load 2400Pa

Certification
IEC61215-1(ed.1)
IEC61215-1-1(ed.1)
IEC61215-2(ed.1)
IEC61730-1(ed.2)
IEC61730-2(ed.2)



BYD

Poly Half Cell Module

BYD PIK-36-SERIES-5BB 335-350W



BYD PV Module 25 Years Linear Performance Warranty





BYD PIK-36-SERIES-5BB 335-350W

Mechanical Properties

Cell Type	158.75mm*79.375mm
Number of Cells	144
Dimension of Module	2008*1002*35mm
Weight	21.80 kg ± 5%
Front Glass	3.2mm tempered glass with AR Coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction Box	IP67(3 Diodes)
Cable Length	+320mm, -260mm(4.0mm ²)
Connector	MC4 Compatible

Temperature Coefficient

Peak Power Temperature Coefficient	-0.35%/°C
Open-Circuit Voltage Temperature Coefficient	-0.285%/°C
Short-Circuit Current Temperature Coefficient	0.057%/°C

Packing Information

Packing Type	40'HQ
Piece/Pallet	30+35
Pallet/Container	11+11
Piece/Container	715

Electrical Data (STC*)

Module Type	BYD335PIK-36	BYD340PIK-36	BYD345PIK-36	BYD350PIK-36
Rate Maximum Power (P _{max})(W)	335Wp	340Wp	345Wp	350Wp
Open Circuit Voltage (V _{oc}) (V)	45.44V	45.69V	45.94V	46.19V
Short Circuit Current (I _{sc}) (A)	9.25A	9.31A	9.36A	9.42A
Maximum Power Voltage (V _{mp})(V)	38.10V	38.36V	38.62V	38.87V
Maximum Power Current (I _{mp}) (A)	8.79A	8.86A	8.93A	9.00A
Module Efficiency (%)	16.65%	16.90%	17.15%	17.39%

* Standard Test Conditions (STC) : irradiance of 1000W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

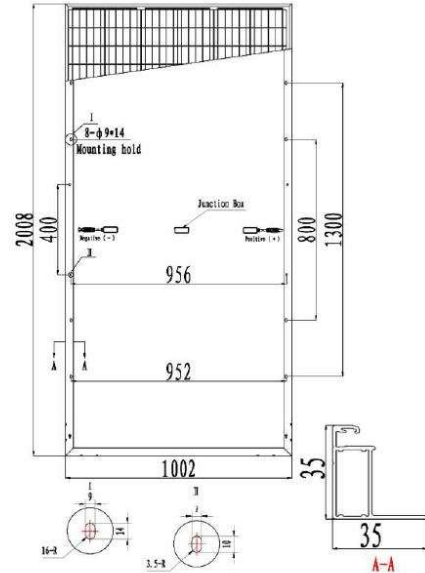
Electrical Data (NMOT*)

Module Type	BYD335PIK-36	BYD340PIK-36	BYD345PIK-36	BYD350PIK-36
Rate Maximum Power (P _{max})(W)	248.7Wp	252.4Wp	256.3Wp	259.6Wp
Open Circuit Voltage (V _{oc}) (V)	42.3V	42.5V	42.7V	43.0V
Short Circuit Current (I _{sc}) (A)	7.48A	7.53A	7.58A	7.62A
Maximum Power Voltage (V _{mp})(V)	35.2V	35.5V	35.8V	36.0V
Maximum Power Current (I _{mp}) (A)	7.06A	7.12A	7.16A	7.20A

Nominal Module Operating Temperature (NMOT) : irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

Operational Parameter

Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C
NOCT(Nominal operating cell temperature)	45°C ±2°C
Maximum System Voltage (V)	1500(VDC)
Maximum Fuse Current Rating (A)	20A
Fire Safety	Class C
Power Tolerance	0-5W

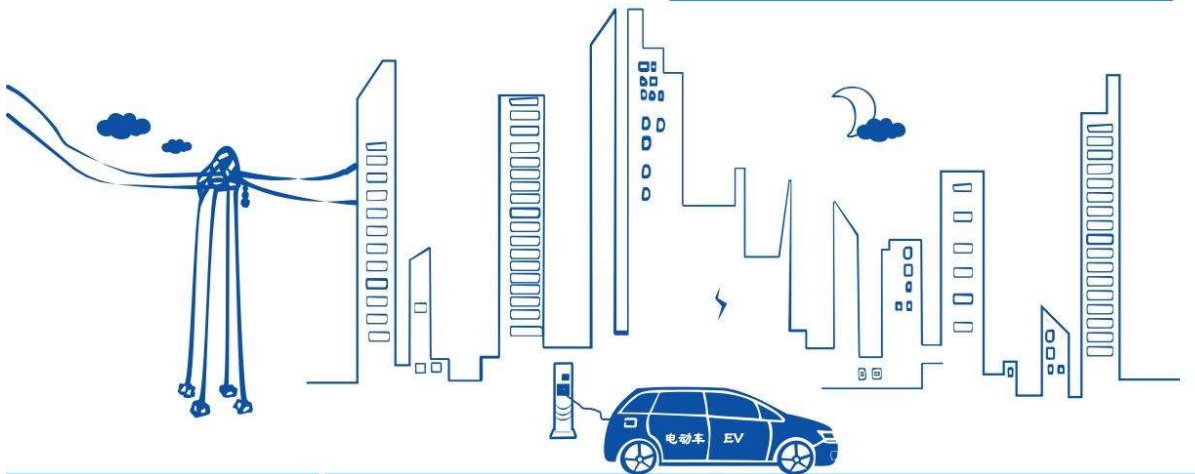
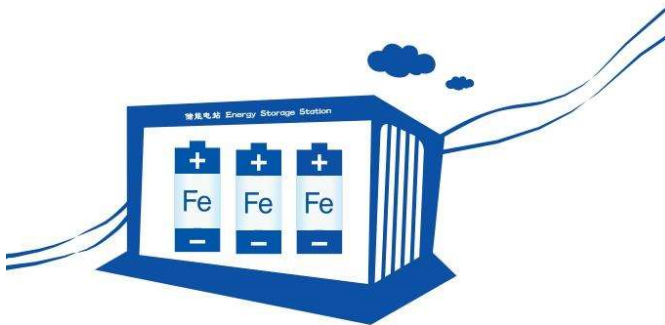


BYD COMPANY LIMITED

ADD: No.1, Yan'an Road, Kuichong,Dapeng New District, Shenzhen, 518116, P.R.China

T +86-755-8988 8888 ext. 64866 @ bydpv@byd.com e pv.byd.com

20200918



BYD's Dream All Human Hope

Changing human dependence on non-renewable energy as the starting point, with three green dreams of electric vehicle, energy storage station and solar farm, BYD looks forward to helping more countries and people to get rid of fossil energy over consumption crisis and environmental pollution, and strive to leave offspring a beautiful and clean world to live in.

“

In the daytime, solar panels capture solar energy like plants. At night, energy storage station transports the stored energy, like solar energy, wind energy, tidal energy, to thousands of families smoothly.

The electric vehicle, shuttling on the streets and lanes, is of zero emission, zero pollution.

Is this a dream?

This is the green dream of BYD and even all human beings.

Is this a dream?

No. We are already seeing it approaching us.

”

☰ Registro de Objeto [Consultar registros concedidos](#)

🔍 Detalhes do Registro 007241/2020

Status
Ativo

Concessão
03/12/2020

RIO BRANCO COMERCIO E INDUSTRIA DE PAPEIS LTDA

Av. Henry Ford, 2040 Sala 01 Cep:03109-001 | Parque da Mooca - São Paulo - SP
Tel.: (Telefone) (11) 37385861 - elianes@riobranco.com.br (mailto:elianes@riobranco.com.br)

Programa de Avaliação da Conformidade

Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)

Portaria Inmetro

nº (número) 4 de 04/01/2011

Nome de Família

Silício Policristalino

Certificado

Não aplicável

↳Pesquisar histórico de alterações

Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição
03/12/2020	Incluído	BYD	BYD335PHK-36	Módulo fotovoltaico convencional, 1992mm×992mm×35mm, peso: 22,2kg, 144 células de silício policristalino, potência: 335Wp, índice de eficiência energética 16,95% classe A
03/12/2020	Incluído	BYD	BYD340PIK-36	Módulo fotovoltaico convencional, 2008mm×1002mm×35mm, peso: 21,8kg, 144 células de silício policristalino, potência: 340Wp, índice de eficiência energética 16,90% classe A

<< Voltar

INVERSOR SOLAR FOTOVOLTAICO MONOFÁSICO PHB

1800 W (127 V)
3000 W (220 V)



Adequado para sistemas residenciais. Possui design moderno e inovador que facilita o manuseio e instalação.

PHB1800N-XS INVERSOR FOTOVOLTAICO

PHB3000N-XS INVERSOR FOTOVOLTAICO

Atende as Normas: ABNT NBR 16149; ABNT NBR 16150; ABNT NBR IEC. 62116.

Possui a garantia de 7 anos* para defeito de fabricação. (consulte o termo de garantia)

Características Principais:

- ✓ Tamanho ultra compacto (tamanho de folha A4);
- ✓ Alta Eficiência;
- ✓ Monitoramento incorporado;
- ✓ String Box integrada, reduzindo tempo e área de instalação;
- ✓ Opera a partir de 2 módulos fotovoltaicos (60 células);
- ✓ Potência máxima 3300 W (PHB3000N-XS).

EXCELENTE DESEMPENHO

- ✓ Eficiência Máxima de até 97,4%
- ✓ Eficiência do MPPT > 99,9%
- ✓ THDi menor que 3%
- ✓ Tensão de partida 50 V

ALTA SEGURANÇA

- ✓ IP65 anti-poeira e à prova d'água
- ✓ Atende as normas brasileiras
- ✓ Atende as tensões módulo 8 PRODIST
- ✓ Possui relé de anti-ilhamento
- ✓ Registro Inmetro:

PHB1800N-XS - 002099/2021

PHB3000N-XS - 002098/2021

PROJETO ORIENTADO PARA O CLIENTE

- ✓ LCD em português
- ✓ Design de baixo ruído e sem ventilador
- ✓ Fácil e rápida instalação
- ✓ Peso 5,8kg
- ✓ Adequado para instalações residenciais
- ✓ Interface de comunicação: USB SERIAL e WI-FI
- ✓ String Box Integrada



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br

20220721 v2.4



Dados técnicos

A PHB Solar mantém uma estrutura de equipamentos calibrados, "setups" de testes e técnicos treinados, para proporcionar aos seus clientes um rápido serviço de reparo.

Modelo	PHB1800N-XS	PHB3000N-XS
Dados da Entrada CC		
Max. Tensão CC [V]	500	600
Faixa de Operação SPMP [V]	50~400	50~550
Tensão CC de Partida [V]	50	50
Corrente Curto Circuito [A]	16,3	16,3
Corrente CC Máxima [A]	13	13
Número de Strings / MPPT	1/1	1/1
Conector CC	MC4	
String Box Integrada	Interruptor/ Seccionador CC (IEC60947-1 e IEC60947-3), DPS CC classe II (EN50539-11)	
Dados da Saída CA		
Potência CA Nominal [W]	1800	3000
Potência CA Máxima [W]	1800	3300
Max. Corrente CA [A]	14,3	14,3
Saída Nominal CA	115, 120 e 127Vca; 60Hz	208,220,230,240 e 254Vca; 60Hz
Faixa de Operação CA	92~139,7Vca; 57,5~62Hz	166,4~279,4Vca; 57,5~62Hz
THD	<3%	
Fator de Potência	Unitário (0.8 Capacitivo / 0.8 Indutivo)	
Conexão CA	Monofásico ou Bifásico	
Eficiência		
Max. Eficiência	97,4%	
Eficiência SPMP	>99,9%	
Segurança do Equipamento		
Monitoramento de corrente de fuga	Integrado	
Proteção Anti-ilhamento	AFD	
NBR (Normas Brasileiras)	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116	
Normas de Referência		
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2 EN 61000-6-3, EN 61000-6-4	
Segurança	IEC 62109-1, AS3100	
Dados Gerais		
Dimensões (L*A*P) [mm]	295*230*113	
Peso Líquido [kg]	5,8	
Ambiente de Operação	Interno ou Externo	
Montagem	Fixado na parede	
Temperatura de Operação	-25~60°C	
Umidade relativa	0~100%	
Altitude [m]	<4000m	
Grau de Proteção IP	IP65	
Topologia	Sem Transformador	
Ventilação	Convecção Natural	
Display	LCD (Português)	
Comunicação	USB SERIAL / Wi-Fi	
Cor	Vermelho	
Garantia [anos]	7/10/15/20/25 (opcional)	



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



22/04/2021

Registro 002098/2021 | Avaliação da Conformidade

BRASIL
(HTTPS://GOV.BR)Avaliação da
Conformidade

Procurando algo?

Página inicial (<http://www.inmetro.gov.br/>) / Qualidade (<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/>)
/ Registro de objeto (...) / Consultar registros concedidos

☰ Registro de Objeto Consultar registros concedidos



🔍 Detalhes do Registro 002098/2021

Status
Ativo

Concessão
20/04/2021

PHB ELETRONICA LTDA

Rua São Bernardino, 12 Cep:05120-050 | Parque Anhanguera - São Paulo - SP

Tel: (Telefone) 1138358300 - rogerio@phb.com.br (mailto:rogerio@phb.com.br) - CNPJ:
(CNPJ)53.977.021/0001-28

Programa de Avaliação da Conformidade

Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)

Portaria Inmetro

nº (número) 4 de 04/01/2011

Nome de Família

Monofásico 3000W

Certificado

Não aplicável

↳Pesquisar histórico de alterações

Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição
20/04/2021	<input type="button" value="Incluido"/>	PHB	PHB3000N-XS	Inversor Solar Fotovoltaico conectado à rede

registro.inmetro.gov.br/consulta/detalhe.aspx?pag=1&NumeroRegistro=002098/2021

1/2

22/04/2021

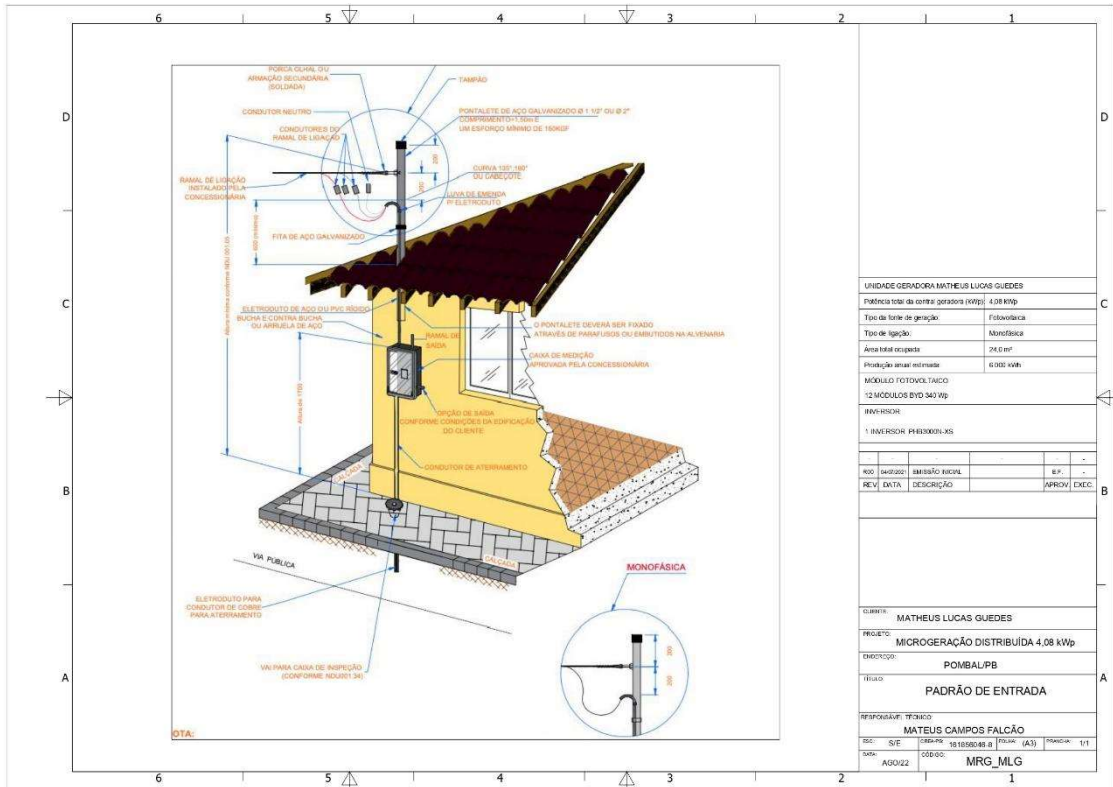
Registro 002098/2021 | Avaliação da Conformidade

<< Voltar

(<http://www.brasil.gov.br/>) Barra GovBr (<http://www.acessoainformacao.gov.br/>)



ANEXO H – Padrão de entrada.



UNIDADE GERADORA MATEUS LUCAS GUEDES	
Potência total da central geradora (kWp)	4,08 kWp
Tipo de fonte de geração	Fotovoltaica
Tipo de ligação	Monofásica
Área total ocupada	24,0 m²
Proteção anti-raio	6300 Volt
MÓDULO FOTOVOLTAICO	
12 MÓDULOS BYD 340 Wp	

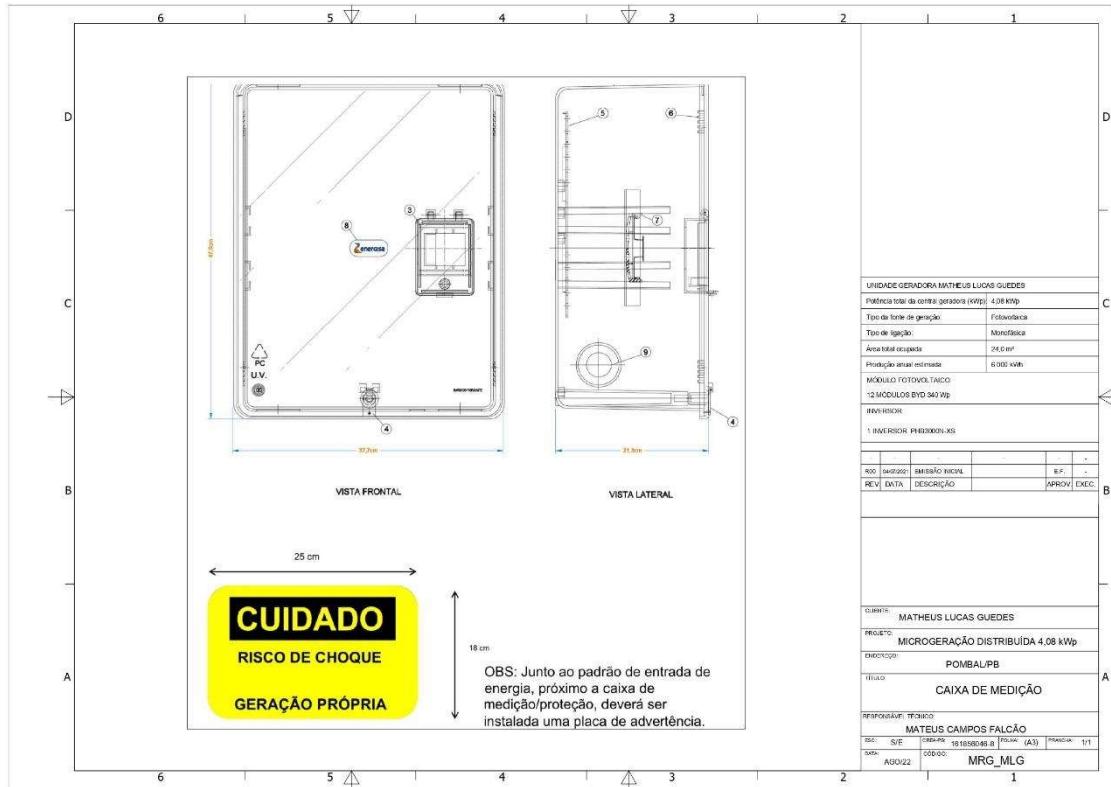
INVERSOR:
1 INVERSOR PHOTONIX

REV	EXTR	DESCRIÇÃO	APROV	EXEC

CLIENTE: MATEUS LUCAS GUEDES
 PROJETO: MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA 4,08 kWp
 ENDEREÇO: POMBAL/PB
 TÍTULO: PADRÃO DE ENTRADA

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
 MATEUS CAMPOS FALCÃO
 SSC: S/E 0989-PP 1818580-88-8 | PLOTA (A3) | REVISÃO: 1/1
 DATA: AGO22 | CÓDIGO: MRG_MLG

ANEXO I – Caixa de medição.



ANEXO J – Procuração.

PROCURAÇÃO

Pelo presente instrumento particular de procuração, eu MATHEUS LUCAS GUEDES, pessoa física, inscrita sob CPF nº 106.050.624-63, residente no endereço RUA JOSE TAVARES DE ARAUJO, 86/ 1 ANDAR, Bairro STO AMARO, cidade de Pombal, Estado da Paraíba, CEP 58840-000, constituo meu bastante procurador MATEUS CAMPOS FALCÃO, brasileiro, engenheiro electricista, inscrito sob o CPF nº 108.229.024-60 e portador do CREA 161856046-8, residente e domiciliado a RUA MARIA FACUNDA DE OLIVEIRA DIAS, 90, APTO 1302, BRISAMAR, JOÃO PESSOA-PB, CEP 58033-100, com ato específico para assinatura de ART, elaboração de projeto fotovoltaico, consulta para disponibilidade da rede de distribuição, projeto e aumento de carga à distribuidora de energia local EPB – Energisa Paraíba S.A., referente a unidade consumidora geradora 5/2119909-6.

Pombal-PB, 29 de julho de 2022



Matheus Lucas Guedes
(Assinatura do Outorgante)



Bianca Sabrina Soares Sousa
Escrivente Autorizada
CPF 106.400.184-08