

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PEDRO IGO DE FREITAS MIRANDA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA DO PROGRAMA
HABITACIONAL NO MUNICÍPIO DE BACABAL - MA: UM ESTUDO DE CASO**

Bacabal

2023

PEDRO IGO DE FREITAS MIRANDA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA DO PROGRAMA
HABITACIONAL NO MUNICÍPIO DE BACABAL - MA: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Esp. Valéria de Freitas Lima.

Bacabal

2023

PEDRO IGO DE FREITAS MIRANDA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA DO PROGRAMA
HABITACIONAL NO MUNICÍPIO DE BACABAL - MA: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Valéria de Freitas Lima

Prof. Esp. Valéria de Freitas Lima (Orientadora)

Universidade Estadual do Maranhão



Documento assinado digitalmente

DENNY GONCALVES DOS SANTOS

Data: 04/03/2024 15:55:55-0300

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

Prof. Esp. Denny Gonçalves dos Santos

Universidade Estadual do Maranhão



Documento assinado digitalmente

JOSELIO DA CONCEICAO CRUZ

Data: 29/02/2024 09:22:54-0300

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

Prof. Esp. Josélio da Conceição Cruz

Universidade Estadual do Maranhão

Dedico este trabalho a todos os que me ajudaram ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão a Deus por me proporcionar saúde e determinação ao longo de todos os anos de estudo, o que me permitiu alcançar meus objetivos.

Agradeço a minha mãe, Alessandra, por todo amor, carinho, força e por ter sido minha base para chegar até aqui.

Ao meu filho, por ser minha fonte motivadora.

A minha família que contribuiu direta e indiretamente desde o início desta trajetória, sempre torcendo por mim.

Agradeço a minha orientadora, Valéria, pela grande ajuda, e por me conduzir pelo caminho mais correto na elaboração da monografia.

Agradeço a todos os amigos da graduação que compartilharam dos desafios que enfrentamos ao longo dos cinco anos de curso.

Aos professores do curso de Engenharia Civil – UEMA, campus Bacabal, pela paciência, dedicação e ensinamentos.

“Eu colocaria meu dinheiro no sol e na energia solar. Que fonte de energia! Espero que não tenhamos que esperar até que o petróleo e o carvão acabem para fazer isso.”

Thomas Edison

RESUMO

A crescente utilização de eletricidade pela sociedade moderna provocou o desejo de encontrar fontes renováveis de energia. Com isso a energia solar surge como uma solução promissora, pois além de renovável é menos poluente e apresenta-se como uma alternativa para conter os aumentos sucessivos na fatura de energia. Por isso, o objetivo do presente trabalho foi estudar a viabilidade econômica para implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência do programa social habitacional “Minha Casa, Minha Vida” no município de Bacabal - MA. Para tanto, foi feito um levantamento de dados para posteriormente realizar o dimensionamento e uma análise econômica observando vários elementos como, as mudanças trazidas pela Lei nº 14.300/2022, os aumentos de tarifas, perdas de desempenho do sistema e a inflação. A pesquisa foi realizada com base nos indicadores financeiros Tempo de Retorno do Investimento (do inglês, payback) e Valor Presente Líquido (VPL). Após o dimensionamento foi possível determinar o módulo, o inversor e realizar o orçamento com empresas especializadas em energia solar na cidade. Assim, o investimento orçado para a instalação do sistema fotovoltaico na residência foi de R\$ 8.476,37. Já o tempo de retorno foi de 5 anos e 1 mês. Portanto, os resultados obtidos atestaram que a análise de viabilidade econômica para esse tipo de edificação é viável.

Palavra-chave: energia solar; sistema fotovoltaico; economia; dimensionamento; tempo de retorno.

ABSTRACT

The increasing use of electricity by modern society has provoked the desire to find renewable energy sources. With that, solar energy emerges as a promising solution, because in addition to being renewable it is less polluting and presents itself as an alternative to contain the successive increases in the energy bill. Therefore, the objective of the present work was to study the economic viability for the implantation of a photovoltaic system in a residence of the social housing program “Minha Casa, Minha Vida” in the municipality of Bacabal - MA. To this end, a data survey was carried out to later carry out the sizing and an economic analysis observing various elements such as the changes brought about by Law N° 14.300/2022, tariff increases, system performance losses and inflation. The research was carried out based on the financial indicators Payback Time and Net Present Value (NPV). After the sizing, it was possible to determine the module, the inverter and make a budget with companies specialized in solar energy in the city. Thus, the budgeted investment for the installation of the photovoltaic system in the residence was R\$ 8,476.37. The payback time was 5 years and 1 month. Therefore, the results obtained attested that the economic viability analysis for this type of building is feasible.

Keywords: solar energy; photovoltaic system; economy; sizing; return time.

LISTA DE SIGLAS

ABRACE – Associação dos Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BEM – Balanço Energético Nacional

BSF – *Back Surface Field*

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

COFINS – Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

CRESESB – Centro de Referência para as Energias Solas e Eólica Sérgio de S. Brito

EPE – Empresa de Planejamento Energético

HSP – Horas de Sol Pleno

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

INTELBRAS – Indústria de Telecomunicação Eletrônica Brasileira

IPEC – Inteligência em Pesquisa e Consultoria

IRENA – Agência Internacional de Energia Renovável

ONU – Organização das Nações Unidas

PIS – Programa de Integração Social

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

TE – Tarifa de Energia

TIR – Taxa Interna de Retorno

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

VPL – Valor Presente Líquido

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens <i>on grid</i>	28
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens <i>off grid</i>	29
Tabela 3 – Percentual do Fio B a ser cobrado por ano	32
Tabela 4 – Tabela de Irradiação	37
Tabela 5 – Consumo	47
Tabela 6 – Orçamento com empresas de Bacabal	53
Tabela 7 – Premissas de cálculo do <i>payback</i>	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil	19
Figura 2 – Matriz elétrica brasileira	19
Figura 3 – Evolução da produção de energia fotovoltaica	21
Figura 4 – Camadas utilizadas na fabricação de um módulo fotovoltaico	23
Figura 5 – Microinversor e Inversor String lado a lado	25
Figura 6 – Sombreamento em painéis solares	26
Figura 7 – Sistema <i>on grid</i>	27
Figura 8 – Sistema <i>off grid</i>	29
Figura 9 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica.....	31
Figura 10 – Comparativo dos conceitos de micro e minigeração distribuída	33
Figura 11 – Horas de sol pleno.....	36
Figura 12 – Irradiação solar Bacabal.....	37
Figura 13 – Modelo do módulo.....	39
Figura 14 – Simultaneidade em residências.....	42
Figura 15 – Localização do Residencial Terra do Sol.....	45
Figura 16 – Fachada da residência	46
Figura 17 – Simulação da cobertura da residência	46
Figura 18 – Recortado do histórico do consumo da conta de energia	47
Figura 19 – Gráfico de consumo	48
Figura 20 – Consumo x Geração x Irradiação local.....	51
Figura 21 – Telhado com a disposição dos módulos	52
Figura 22 – Microinversor <i>Hoymiles</i>	53
Figura 23 – Orçamento realizado com a empresa A	54
Figura 24 – Investimento x Retorno	56

LISTA DE SÍMBOLOS

% – por cento

%fs – fator simultaneidade

a.a. – ao ano

Cdm – consumo diário médio

Cmm – consumo mensal médio

FCo – investimento inicial

FCt – fluxo de caixa do ano n

GW – gygawatts

H. Sol pleno – horas de sol pleno

kW – kilowatts

kWh – kilowatts hora

kWh/m² – kilowatts hora por metro quadrado

m – metro

m² - metro quadrado

MW – megawatts

Pm – potência fornecida pelo módulo

Pp – potência de pico

Qm – quantidade de módulos

Tano – nova taxa

V – volts

VkWh – valor do kilowatts hora

W – watts

Wp – watts pico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivos específicos	16
1.2 Justificativa	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 A matriz elétrica nacional	17
2.2 Energia solar fotovoltaica	20
2.3 Componentes de um sistema de energia fotovoltaica	22
2.3.1 Módulos fotovoltaicos	23
2.3.2 Inversor	24
2.4 Classificação	26
2.4.1 Sistema <i>on grid</i>	26
2.4.2 Sistema <i>off grid</i>	28
2.3 Legislação	30
2.3.1 Lei nº 14.300/2022	31
3 METODOLOGIA	34
3.1 Consumo diário médio	35
3.2 Horas de Sol Pleno de Bacabal - MA	36
3.3 Potência diária necessária	38
3.4 Quantidade de módulos	38
3.5 Potência do microinversor	40
3.6 Valor do Fio B	41
3.7 Viabilidade econômica do sistema	42
4 ESTUDO DE CASO	44
4.1 Descrição da residência	44
4.1.1 Localização	45
4.2 Consumo elétrico da residência	47
4.3 Dimensionamento	48
4.3.1 Consumo diário médio	48
4.3.2 Potência diária necessária	50
4.3.3 Quantidade de módulos fotovoltaicos.....	50

4.3.4 Determinação do microinversor.....	52
4.3.5 Estudo de viabilidade econômica	53
5 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE A – ANÁLISE DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO/PAYBACK	63
ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DO MÓDULO.....	65
ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES DO MICROINVERSOR.....	66
ANEXO C – CONTA DE ENERGIA	67

1 INTRODUÇÃO

Com o progresso da industrialização e do modelo econômico global capitalista, o impacto das atividades humanas no meio ambiente tem se tornado cada vez mais evidente e preocupante em escala global. Além disso, o aumento populacional resultou na necessidade de maior consumo de recursos naturais e energia para suprir a demanda crescente por bens e serviços. Por conseguinte, gerou vários problemas ambientais cujas soluções têm sido um desafio desde meados do século XX para ambientalistas, governos, organizações não governamentais e comunidades do mundo inteiro.

Sendo assim, para preservar o meio ambiente, melhorar a qualidade de vida e aumentar a eficiência energética, torna-se crucial adotar medidas como a mudança nos padrões de consumo e a promoção da produção descentralizada de energia. Esses são elementos fundamentais para alcançar um desenvolvimento sustentável. Desse modo, adotar práticas que reduzam o impacto ambiental que promovam o uso mais eficiente dos recursos energéticos e incentivem a geração de energia limpa e renovável, contribui para um futuro mais equilibrado e sustentável (IBGE, 2010).

Estas são conseguidas mediante fontes naturais inesgotáveis, devido a sua abundância e capacidade de regenerar-se. Assim, a energia solar emerge como uma alternativa para promover a sustentabilidade e reduzir o impacto na renda familiar brasileira. Pois, segundo um estudo encomendado pela Associação dos Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (Abrace), o custo da energia elétrica representa, em média, 23,1% do preço final da cesta básica no Brasil.

Não só isso, mas além de possuir um vasto território, o Brasil se destaca como um dos países com médias anuais de incidência solar mais altas em todo o mundo. A saber, a Região Nordeste apresenta uma incidência solar de 4,5 a 6 kWh, sendo a maior média do país. Mesmo em regiões com menor insolação, como a Região Sul, o Brasil ainda se sobressai em comparação a países europeus, como a Alemanha (CANAL SOLAR, 2022).

Nesse sentido, a inflação energética tem sido o principal impulsionador da energia solar no Brasil, especialmente no segmento de geração distribuída. Pois, os aumentos sucessivos nas faturas de energia elétrica, resultado de fatores como empréstimos e subsídios concedidos ao setor elétrico, são repassados aos

consumidores. Aliado a isso, devido ao aumento da demanda por energias renováveis, a fabricação de células solares e a instalação de sistemas fotovoltaicos têm avançado significativamente nos últimos anos em vários países, incluindo o Brasil (CANAL SOLAR, 2022).

Ademais, a cada ano o Brasil avança no aproveitamento de seu potencial energético, impulsionado por investimentos privados e incentivos governamentais. Esse crescimento significativo na produção de energia já resultou na criação de mais de 783,7 mil empregos e em uma arrecadação para os cofres públicos que ultrapassa os R\$ 12 bilhões (EPE, 2023).

Além disso, segundo o Portal Solar (2022), no Brasil o mercado de energia solar distribuída teve início oficialmente em 2012. No entanto, embora alguns consumidores já utilizassem essa tecnologia, foi somente com a implementação da Resolução Normativa Nº 482 de 2012 que a sua regulamentação ocorreu. Esta desempenhou um papel fundamental ao estabelecer as diretrizes para a geração distribuída e é amplamente reconhecida como um marco legal no setor de energia solar.

Não só isso, mas no ano de 2019 foi desenvolvido o Projeto de Lei nº 5.829, visando proporcionar segurança jurídica aos consumidores de energia solar distribuída. Este passou por aprovação e resultou na Lei nº 14.300, que foi sancionada em janeiro de 2022, trazendo algumas alterações para os consumidores.

Dessa forma, essas medidas são um reflexo significativo da crescente importância das energias renováveis no Brasil, em particular a energia solar. Dito isso, atentar a esses tipos de fontes de energia renováveis é uma escolha sensata e inteligente, uma vez que oferecem soluções sustentáveis e promissoras para suprir nossas necessidades energéticas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Realizar a análise de viabilidade econômica para a implementação de um sistema de geração de energia elétrica conectado à rede de distribuição através de painéis fotovoltaicos em residência do programa social “Minha Casa, Minha Vida”, localizada no município de Bacabal - MA.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento de dados a fim de obter informações da residência do estudo de caso;
- Analisar o consumo de energia e informações técnicas da unidade consumidora;
- Estudar a irradiação do local na qual será realizada a instalação do sistema fotovoltaico;
- Avaliar a melhor tecnologia para implementação do sistema;
- Dimensionar e orçar o sistema de energia solar para uma residência unifamiliar do programa social “Minha Casa, Minha Vida”;
- Estimar o tempo de retorno do investimento.

1.2 Justificativa

A necessidade da busca de alternativas de energia limpa junto ao fator econômico, ambiental e social justifica este estudo, uma vez que o padrão de consumo energético se transformou ao longo das últimas décadas, devido principalmente ao crescimento populacional e o surgimento de novas tecnologias.

Atrelado ao fator social, de acordo com levantamento realizado pela Inteligência em Pesquisa e Consultoria (IPEC) mais de 22% dos brasileiros deixaram de comprar alimentos básicos para poder pagar a conta de energia. Destes, os nordestinos representam 28% (SUNWISE, 2022).

Tomando isso como base, a energia solar tem se mostrado uma opção popular de investimento para aqueles que desejam reduzir os custos associados ao consumo de energia elétrica. Esse crescimento significativo no investimento em energia solar colocou essa fonte como a segunda mais utilizada na matriz energética nacional (VALOR, 2023).

Apesar de ser uma fonte de grande potencial, principalmente no Brasil, devido aos altos níveis de incidência solar, trata-se de um investimento alto para a realidade de grande maioria dos brasileiros.

Além disso, segundo o presidente da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), Rodrigo Sauaia, se em cada casa do programa social “Minha Casa, Minha Vida” forem instalados 2 módulos fotovoltaicos, com 1kW de

potência por moradia, seria possível reduzir em 70% o valor da conta de energia elétrica.

Ainda com base no presidente, o investimento necessário para instalar 2GW de potência, valor correspondente ao número total de residências projetadas pelo governo, seria de aproximadamente R\$ 9,5 bilhões. Essa iniciativa teria um impacto significativo na economia, gerando cerca de 60 mil empregos locais e contribuindo com uma arrecadação estimada em R\$ 2,4 bilhões (CAMARA, 2023).

Além disso, para que se tenha dados precisos, a análise de viabilidade econômica dos sistemas de geração fotovoltaica deve ser realizada de forma personalizada para cada unidade consumidora, uma vez que existem diversos fatores que afetam o retorno financeiro desse tipo de investimento. Pois, cada situação demanda uma avaliação criteriosa levando em consideração aspectos como consumo de energia, tarifas, incentivos fiscais, custos de instalação, entre outros.

Sendo assim, é importante analisar a necessidade da implementação de um sistema fotovoltaico nas residências de programas sociais e facilitar o acesso das famílias ao poder de compra dos equipamentos, haja visto o tamanho do impacto causado na renda familiar e ainda ser um investimento alto.

Por isso, o desenvolvimento deste projeto resultará em dados que poderão ser utilizados para implementação dessa técnica nesse tipo de residência. Assim, os resultados obtidos serão importantes para mostrar a produtividade desses sistemas em moradias de programa social na cidade Bacabal - MA e incentivar os investimentos dessa tecnologia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A matriz elétrica nacional

Primeiramente, é importante esclarecer a diferença entre matriz energética e matriz elétrica. A matriz energética se refere ao conjunto de fontes de energia utilizadas para suprir as diversas demandas energéticas de um país, abrangendo não apenas a geração de eletricidade, mas também o consumo de combustíveis em setores como transporte, indústria, aquecimento, entre outros. Já a matriz elétrica se limita às fontes de energia utilizadas exclusivamente na geração de eletricidade (PORTAL SOLAR, 2022).

A matriz elétrica de um país ou região condiz ao conjunto de fontes ou recursos energéticos que são destinados para a geração de energia elétrica (EPE, 2023). Além disso, nos últimos anos a necessidade da redução de emissões de gases no efeito estufa e a diminuição dos valores para implementação de energias renováveis, proporcionou uma transição energética renovável na matriz elétrica mundial, devido principalmente a difusão da energia solar.

Em 2002, com base nas demandas ambientais, o governo brasileiro instituiu em 2002 o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), com o objetivo de aumentar a presença de fontes alternativas de energia para diversificar a matriz energética do país.

E, de acordo com a análise realizada pela Organização das Nações Unidas – ONU (2020), o Brasil é classificado como um país em desenvolvimento, levando em consideração indicadores como o Índice de Desenvolvimento Humano, vulnerabilidade econômica e renda per capita. Nesse contexto, é importante destacar que o desenvolvimento econômico do país está diretamente ligado à demanda crescente por energia.

Ademais, o aumento no consumo de energia impacta o nível de produção e da renda de um país, promovendo mudanças em todos os setores da economia, tais como o setor industrial, comercial e de serviços. Dessa forma, a população passa a consumir bens e serviços com tecnologia mais moderna e com aparelhos mais sofisticados que necessitam do acesso à rede elétrica, fazendo com que ocorra um aumento no consumo de energia.

Assim, o desenvolvimento de tecnologias limpas que garantam a produção de energia elétrica com menor impacto ambiental, eficiência e baixo custo é uma das necessidades da sociedade. Por esse motivo, em 2015 a ONU reconheceu a importância da eletricidade para a vida moderna e definiu “assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos” como um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

Mas também, o documento agrupa objetivos que abordam os principais desafios de desenvolvimento enfrentados pela população no Brasil e no mundo, Figura 1, e são “um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima além de garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade”.

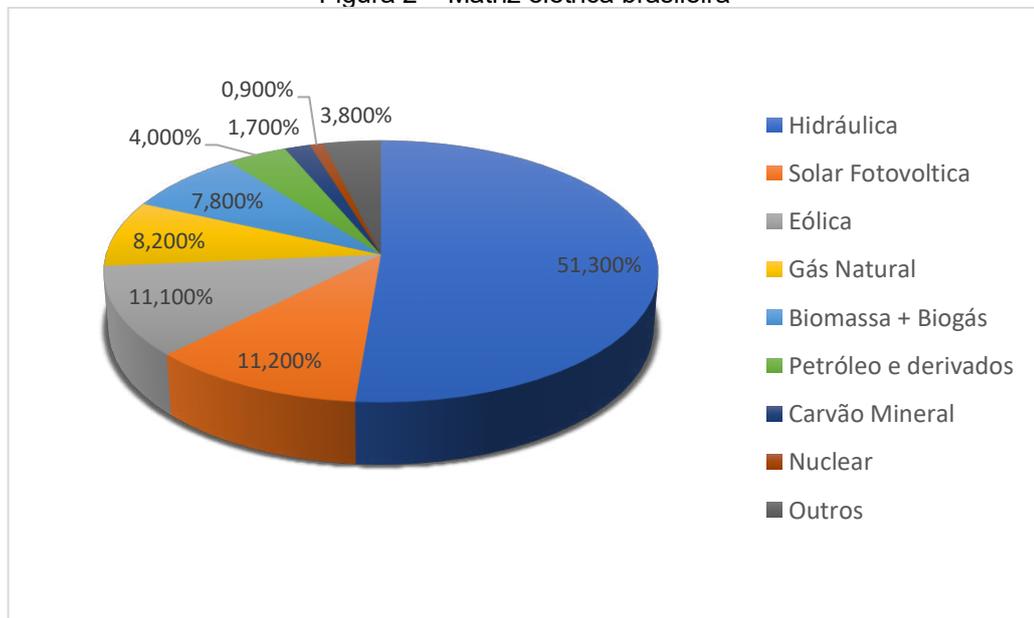
Figura 1 – Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil



Fonte: Nações Unidas Brasil (2023)

Nesse cenário, o Brasil possui uma das matrizes elétricas mais limpas do planeta, com grande maioria oriunda de fontes de energia alternativa. Predominantemente, as usinas hidrelétricas dispostas por todo o país representam a principal fonte de energia da matriz elétrica brasileira. Esta é responsável por 51,3% do total de geração, outros 7,8% é proveniente de biomassa e Biogás, 11,1% é proveniente da energia eólica e 11,2% da energia solar, como mostra a Figura 2. Logo, a participação de energia renovável representa quase 86,1% da matriz elétrica, conforme a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2023).

Figura 2 – Matriz elétrica brasileira



Fonte: Adaptado da EPE (2023)

Assim, fatores como as mudanças climáticas e acordos firmados entre grandes potências mundiais para a diminuição do impacto humano no aquecimento do planeta, podem agir como um estímulo para a aceleração da transição energética mundial. Logo, é fundamental que os países em desenvolvimento alinhem o crescimento econômico e social junto a demanda energética com base em energias renováveis.

2.2 Energia solar fotovoltaica

A energia proveniente do sol é fundamental para a manutenção da vida na Terra e serve como catalisadora de todos os processos térmicos, dinâmicos e químicos, sejam eles naturais ou artificialmente desenvolvidos pelo ser humano. Além disso, desde os primórdios da humanidade, o homem também utilizava a energia solar para a realização de várias funções, como a geração de fogo através do calor dos raios de sol concentrados por vidros ou espelhos (PORTAL SOLAR, 2022).

Apesar disso, a conversão da luz solar em energia elétrica é considerada recente. Segundo o Portal Solar (2020), a energia solar que hoje é conhecida, teve surgimento em 1954 por Russell Shoemaker Ohl, anunciada em reunião da *National Academy of Sciences* em conjunto com a primeira célula fotovoltaica.

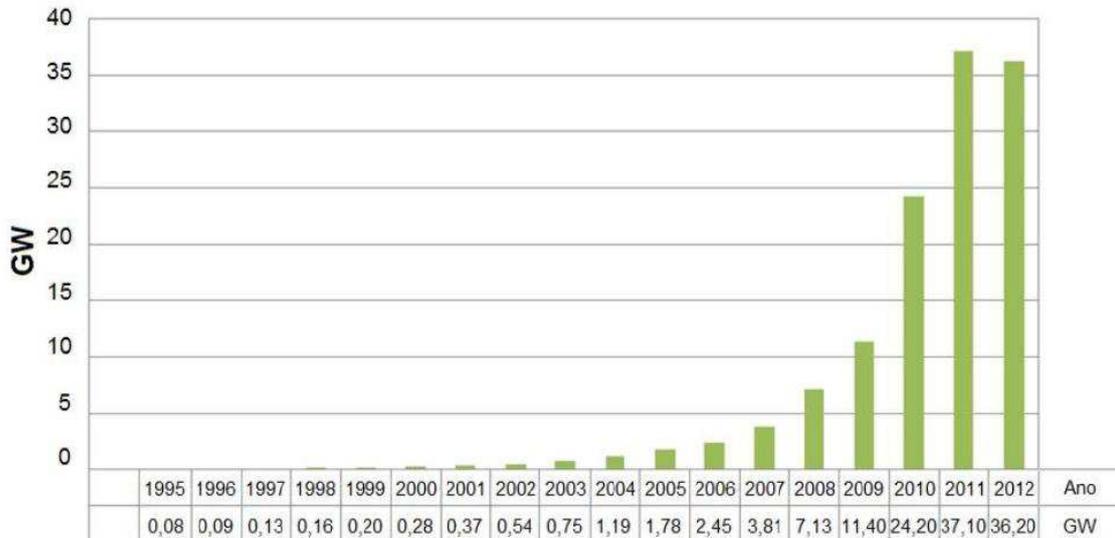
A saber, a energia solar fotovoltaica é uma forma de energia obtida por meio da conversão direta da luz em eletricidade, utilizando o princípio conhecido como Efeito Fotovoltaico. E, conforme definido por Pinho e Galdino (2014), a unidade fundamental desse processo de conversão é a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor.

Nesse sentido, uma das primeiras utilizações dos painéis solares ocorreu somente em 1958, quando o satélite Vanguard I foi lançado, com o auxílio de um painel de 1 W para alimentar seu rádio na viagem. Além do mais, foram realizadas instalações em casas estabelecimentos e até mesmo para meios de transportes, como ônibus, navio e avião (PORTAL SOLAR, 2022).

No entanto, a sua utilização ainda era muito cara devido ao alto custo das células solares, que em 1970 chegou a custar em média 100 dólares por watt. Isso fez com que o uso diário da energia solar não fosse uma opção viável para a população. Dito isso, tal cenário teve mudança após a intervenção norte-americana, que facilitou o processo de fabricação das células solares e sua organização em

matrizes (COGERA, 2021). Na Figura 3 é possível observar a evolução da produção mundial de células fotovoltaicas.

Figura 3 – Evolução da produção de energia fotovoltaica



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Não só isso, mas os sistemas fotovoltaicos têm se destacado como uma fonte de energia renovável promissora, embora inicialmente tenham exigido um investimento inicial relativamente alto. No entanto, dados de mercado indicam uma tendência de redução nos custos iniciais dos sistemas ao longo do tempo. E, de acordo com um relatório da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), o custo global da energia solar fotovoltaica diminuiu consideravelmente nos últimos anos.

Bem como, segundo o relatório, entre 2010 e 2019 o custo da energia solar fotovoltaica caiu impressionantes 82%. Essa redução significativa de custos pode ser atribuída a diversos fatores, como avanços tecnológicos, aumento da escala de produção, melhorias na eficiência dos painéis solares e otimização dos processos de instalação (EXAME, 2022).

Mas também, a redução do investimento necessário para a instalação de um sistema fotovoltaico tem sido impulsionada, em grande parte, pelo avanço tecnológico e pela busca por maior eficiência dos módulos fotovoltaicos. E, nos últimos anos, tem-se observado um aumento significativo na eficiência dos painéis de silício, o que tem contribuído para a redução dos custos e o aumento da viabilidade econômica desses sistemas.

Além disso, de acordo com Neris (2023), a eficiência dos painéis de silício tem apresentado um crescimento médio de cerca de 0,5% ao ano desde 2010. Esse avanço está relacionado a uma série de fatores, incluindo melhorias na engenharia de produção das pastilhas de silício, o incremento na escala de mineração e processamento de matérias-primas, o desenvolvimento de painéis mais resistentes e duráveis, além do aumento da demanda, que torna o mercado mais competitivo.

Nesse sentido, a utilização da energia solar no Brasil tem sido aproveitada para auxiliar na economia da conta de luz, para a diminuição da sobrecarga das redes elétricas e na redução de impactos ambientais, seja em residências, estabelecimentos comerciais ou indústrias.

Estudos apontam que, em 2024, o território brasileiro contará com, aproximadamente, 887 mil sistemas de energia solar conectados à rede, promovendo uma maior economia em relação às distribuidoras convencionais, além da manutenção e preservação ambiental do País (BEN, 2022).

E, de acordo com Guilherme Susteras, coordenador da ABSOLAR, há uma tendência de aumento nas tarifas de energia elétrica, enquanto o custo dos equipamentos e da tecnologia necessária para a implantação de sistemas de energia solar fotovoltaica está em declínio. Essa combinação de fatores cria uma oportunidade favorável para as pessoas adquirirem seus próprios sistemas solares, aproveitando as tarifas atuais e reduzindo sua dependência da rede elétrica convencional (HBENERGIA, 2022).

2.3 Componentes de um sistema de energia fotovoltaica

Um sistema de energia fotovoltaica completo é constituído por vários componentes que operam em conjunto para captar a luz solar, converter em energia elétrica utilizável e fornecer eletricidade para os dispositivos elétricos.

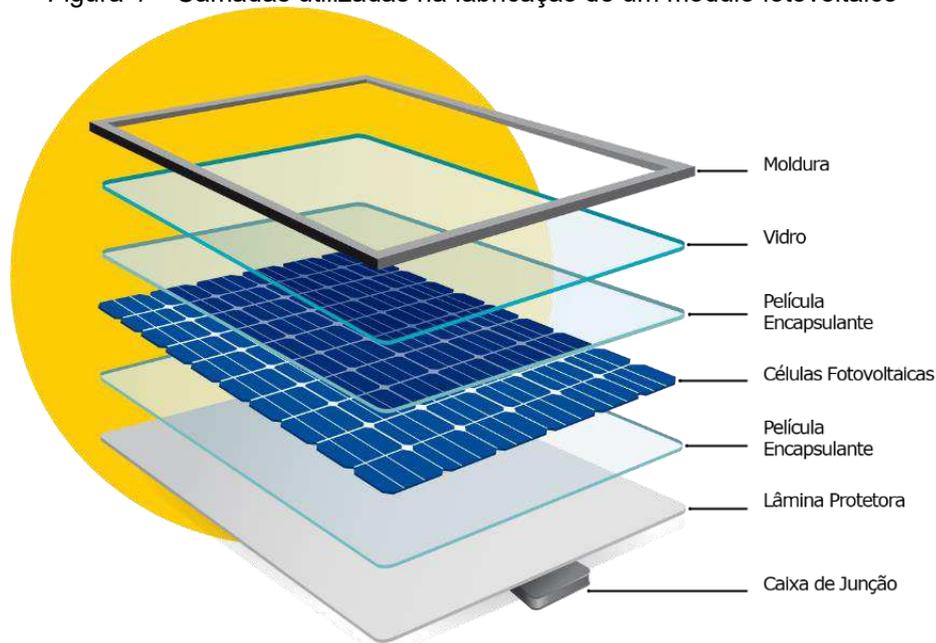
Além disso, no mercado é possível encontrar conjuntos de equipamentos conhecidos como "kit fotovoltaico", que geralmente incluem os seguintes componentes principais: módulos fotovoltaicos, inversor, proteções, cabeamento e estruturas de fixação.

2.3.1 Módulos fotovoltaicos

Os painéis solares são compostos por um conjunto de células solares que são, essencialmente, diodos fotossensíveis capazes de gerar eletricidade quando expostos à luz. Essas células são produzidas a partir de lâminas de silício cristalino usando técnicas amplamente estabelecidas na indústria microeletrônica.

Bem como, a alta eficiência dos painéis solares é alcançada através da texturização da superfície exposta e da utilização da tecnologia BSF (*Back Surface Field*), que permite um melhor aproveitamento dos fótons de baixa energia que atingem a célula. Essas características garantem que os painéis solares sejam capazes de captar uma quantidade significativa de energia solar e convertê-la em eletricidade utilizável (SULTHERM, 2022). A Figura 4 retrata as camadas de um módulo.

Figura 4 – Camadas utilizadas na fabricação de um módulo fotovoltaico



Fonte: ENERGIZASUN (2022)

Além disso, a incidência direta da radiação solar desempenha um papel fundamental na eficiência das células fotovoltaicas na conversão da radiação solar em energia elétrica. Assim, quanto maior a quantidade de luz solar direta que atinge o painel fotovoltaico, maior será a quantidade de energia elétrica gerada.

Isso ocorre porque a luz solar direta fornece a energia necessária para que os elétrons presentes nas células fotovoltaicas se movam e gerem corrente elétrica.

Portanto, é importante garantir que os painéis fotovoltaicos sejam instalados de forma a maximizar a exposição direta à luz solar, a fim de obter a melhor eficiência e produção de energia elétrica (BLUE SOL, 2022).

Para isso, atualmente existem três tipos de placas solares fotovoltaicas que variam conforme o tipo de células utilizadas. E, no Brasil as placas solares monocristalinas (mono-Si) são as mais vendidas. Além disso, após sua instalação, as placas solares geralmente apresentam vida útil de 30 a 40 anos. Sua garantia é geralmente dividida em defeitos de fabricação, que em média vai de 10 a 12 anos, e contra perda de eficiência, em geral possui 25 anos assegurados (NEOSOLAR, 2022).

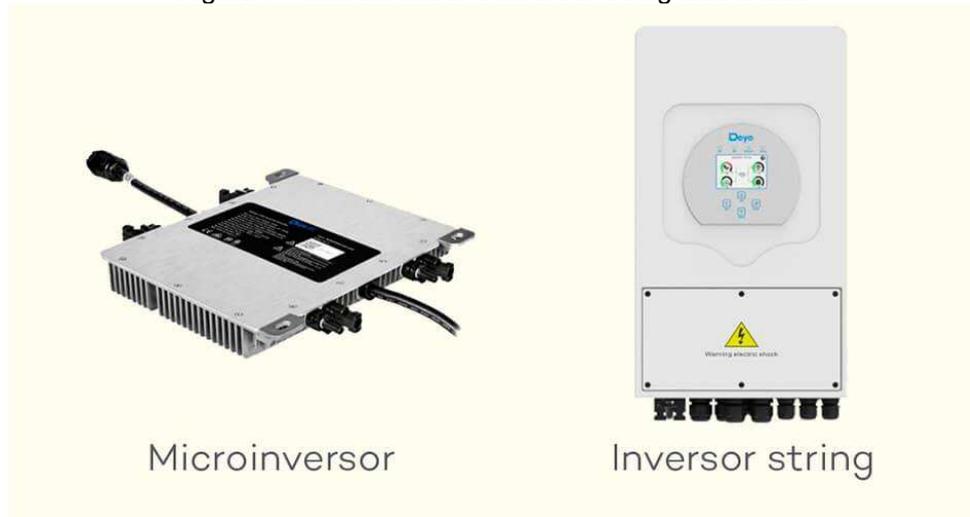
Ademais, a manutenção de um painel solar é geralmente uma tarefa simples e de baixo custo devido à ausência de partes móveis. Em sua maioria, resume-se à limpeza das placas com água. E, a frequência dessa limpeza varia de acordo com o nível de sujeira acumulada e a frequência de chuvas na região. Desse modo, essa abordagem de manutenção minimiza a necessidade de intervenção constante e contribui para a durabilidade e eficiência contínua dos painéis solares (NEOSOLAR, 2022).

2.3.2 Inversor

De acordo com a Neosolar (2022), é relevante destacar que tanto o microinversor quanto o inversor *string* são tipos de inversores utilizados com a mesma finalidade, que é converter a corrente contínua gerada pelos painéis solares em corrente alternada utilizável. Ambos desempenham um papel fundamental nos sistemas solares fotovoltaicos, garantindo a compatibilidade entre a energia gerada pelos painéis e a demanda dos dispositivos elétricos.

Logo, a escolha entre um microinversor e um inversor *string* depende das características específicas do sistema e das necessidades do usuário. Dito isso, a Figura 5 mostra os modelos de um Microinversor e Inversor *String*.

Figura 5 – Microinversor e Inversor String lado a lado



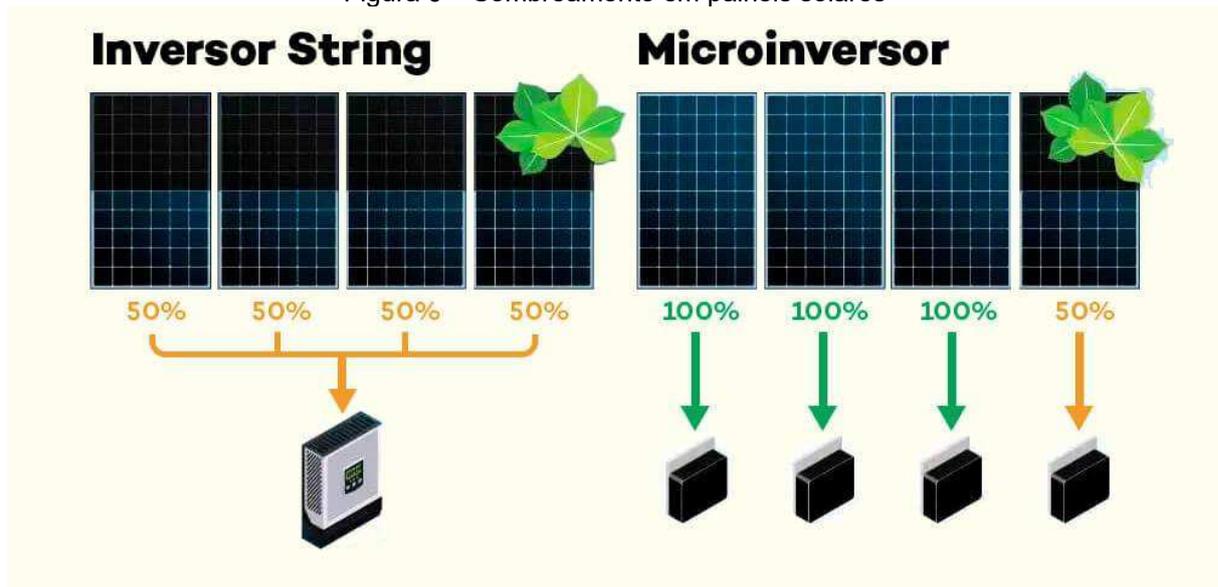
Fonte: NEOSOLAR (2022)

Não só isso, mas a principal distinção entre o microinversor e o inversor *string* reside na maneira como os painéis fotovoltaicos são conectados ao sistema. No caso do inversor *string*, as fileiras ou "*strings*" de painéis são interligadas e conectadas ao inversor, que é encarregado de encontrar o ponto máximo de geração ao longo do dia. Em contrapartida, cada microinversor opera de maneira autônoma e é capaz de suportar a conexão de 2 a 4 painéis. Em vez de várias fileiras de painéis, o microinversor é conectado em pequenas quantidades de painéis (SOLIS, 2019).

No entanto, para Neosolar (2022), uma possível desvantagem do microinversor não está necessariamente relacionada ao preço, mas sim à sua disponibilidade limitada e escassez no mercado. Atualmente, o fornecimento de microinversores é restrito.

Além disso, vale ressaltar que o inversor *string* sempre considerará várias placas como um grupo único e, conseqüentemente, qualquer discrepância em uma delas afetará todas as demais. Por isso, se houver sombreamento, todo o sistema será comprometido. Já com a utilização do microinversor, cada placa solar será individualmente otimizada por meio de seu próprio MPPT (*maximum power point tracking*) independente, como ilustrado na Figura 6 (NEOSOLAR, 2022).

Figura 6 – Sombreamento em painéis solares



Fonte: NEOSOLAR (2022)

2.4 Classificação

Dependendo da configuração da instalação, os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados de maneiras diferentes. Dessa forma, os dois tipos mais comuns atualmente são os sistemas conectados à rede (*on grid*) e os sistemas isolados (autônomos ou *off grid*).

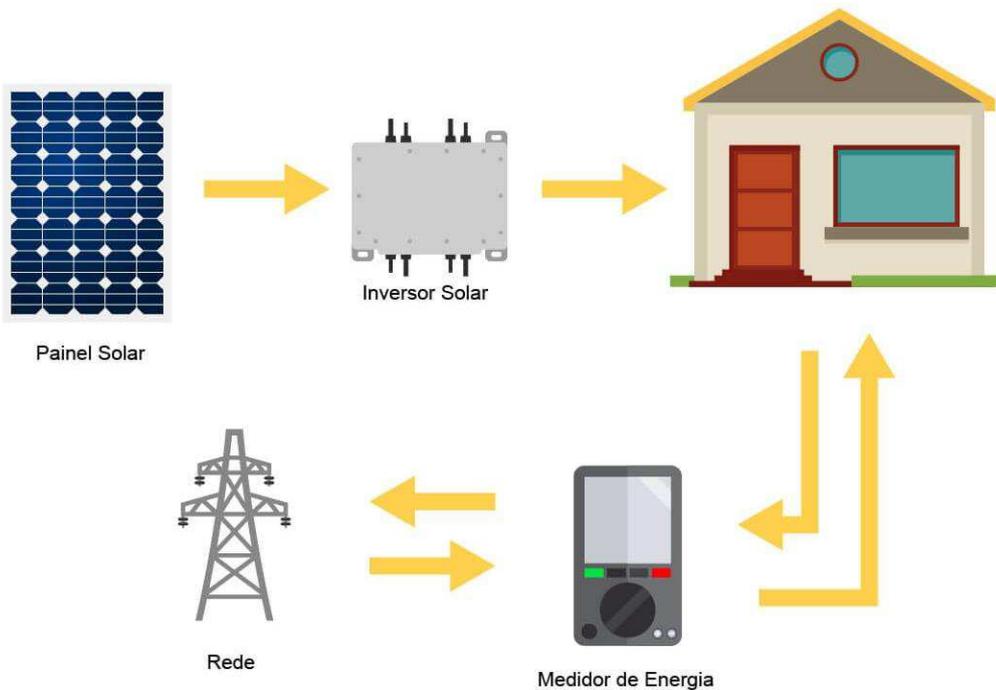
Cada tipo de sistema possui suas vantagens e desvantagens, e a escolha entre eles depende das necessidades específicas de cada instalação. Em áreas urbanas, o sistema conectado à rede geralmente é mais vantajoso e econômico. Por outro lado, em locais remotos onde não há acesso à rede elétrica, o sistema autônomo é mais adequado.

2.4.1 Sistema *on grid*

No sistema *on grid*, também conhecido como "na rede", a residência onde o sistema está instalado permanece conectada à rede pública de distribuição de energia elétrica. Assim, a energia solar captada e convertida em eletricidade é utilizada pelo próprio imóvel, e o excedente é fornecido à concessionária, que gera créditos para o consumidor (PORTAL SOLAR, 2022).

Na Figura 7, é possível observar que o sistema envia energia para a rede quando a geração solar é superior ao consumo, e retira energia da rede quando o consumo é maior do que a geração. Desse modo, o usuário só paga à concessionária de energia quando consome mais do que produz, e caso produza mais do que consome, ele recebe créditos de acordo com a resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (482/2012).

Figura 7 – Sistema *on grid*



No entanto, os sistemas *on grid* não são projetados para operar ou gerar eletricidade durante quedas de energia na rede elétrica por razões de segurança. Isso ocorre porque os apagões geralmente ocorrem quando a rede elétrica está danificada. Portanto, se o inversor solar continuasse a fornecer energia a uma rede danificada, poderia representar um risco para a segurança das pessoas envolvidas na reparação das falhas na rede (RIBEIRO, 2022).

Assim, por meio da Tabela 1, é possível observar as principais vantagens e desvantagens desse sistema.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens *on grid*

Vantagens	Desvantagens
Utilização de baterias e controladores de carga é dispensado	Precisa de acesso à rede de distribuição
Possibilidade do consumidor de adquirir créditos de energia	Sem um sistema de armazenamento de energia
Utilização de créditos por outras unidades consumidoras	Quando o consumo for maior que a geração é preciso pagar uso se não houver créditos
Opção mais barata	

Fonte: Autor (2023)

2.4.2 Sistema *off grid*

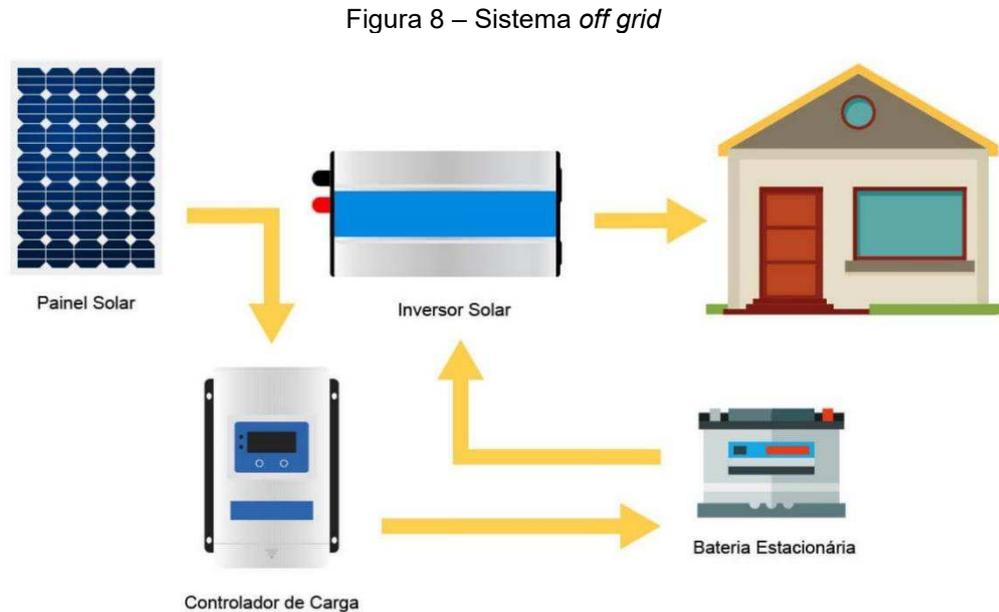
No caso do sistema *off grid*, a situação é distinta, pois o local onde a energia fotovoltaica é gerada está desconectado da rede elétrica pública, e operando de forma autônoma e independente. Além disso, esse sistema é completamente autossuficiente e é ideal para aplicação em áreas rurais, remotas ou em regiões que não possuem infraestrutura de rede elétrica estabelecida (INTELBRAS, 2022).

Ademais, um sistema *off grid* é totalmente dependente da radiação solar para gerar energia elétrica por meio dos painéis fotovoltaicos. E, esse tipo de sistematização geralmente inclui um sistema de armazenamento de energia, como um banco de baterias, e pode exigir controladores de carga e inversores, dependendo da aplicação específica.

Sendo assim, de acordo com o Portal Solar (2022), tem-se o passo a passo do funcionamento desse sistema:

1. A energia solar é captada por módulos fotovoltaicos;
2. A energia elétrica corrente contínua gerada é convertida em energia corrente alternada através do inversor solar;
3. Todo o excesso de energia é armazenado na bateria para uso posterior, que possui um controlador de carga para proteger o dispositivo;
4. Durante à noite ou em dias de produção mais baixa, as baterias geralmente alimentam equipamentos elétricos, como uma rede de distribuição de energia.

A saber, a Figura 8 mostra de forma ilustrativa a trajetória para utilização da energia elétrica produzida pelos módulos.



Fonte: NEOSOLAR (2022)

Mas também, essa modalidade não oferece desconto na conta de energia, uma vez que não há abastecimento por parte da concessionária pública. No entanto, a vantagem é a autonomia energética, permitindo gerar e armazenar energia para alimentar qualquer tipo de produto ou solução, independentemente da distância ou isolamento da carga a ser alimentada.

O Tabela 2 a seguir, aborda as principais vantagens e desvantagens desse tipo de sistema.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens *off grid*

Vantagens	Desvantagens
Utilização em regiões remotas e independente de rede de distribuição	Necessidade de baterias e controladores de carga
Sem tarifa de energia	Sistema menos eficiente de forma geral
Conta com sistema de armazenamento de energia	Investimento mais alto

Fonte: Autor (2023)

2.3 Legislação

Em 1996, a Lei nº 2427/96 foi promulgada no Brasil, estabelecendo a criação da ANEEL e atribuindo-lhe a função de regulamentar o uso de energia no país. Desde então, a ANEEL é a responsável por estabelecer normas e condições necessárias para a utilização de todas as fontes de energia elétrica no Brasil.

Isso significa que a agência está encarregada de supervisionar todas as etapas do processo energético, desde a geração até o consumo final. Portanto, a legislação acerca da energia solar advém tanto por leis criadas pelo Governo Federal, como de resoluções da ANEEL (CANAL SOLAR, 2022).

Assim, com a publicação da REN N ° 482/2012, de 17 de abril de 2012, foi estabelecido regras para possibilitar a conexão de microgeração e minigeração de energia elétrica ao sistema de distribuição (ANEEL, 2012). Dessa forma, com essa Resolução, o uso dos créditos de energia solar foi regulamentado no Brasil. Diante disso, o Art. 2º define:

“I - Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
II - Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.”

Conforme Canal Solar (2022), com essa legislação, as concessionárias foram requisitadas a fazer a implementação de mecanismos que possibilitassem ao consumidor gerar a sua própria energia. Assim, ao gerar mais que o consumo e sem fazer uso de armazenamento de energia, pode-se injetar o excedente na rede de distribuição.

No entanto, em 2015, a ANEEL estabeleceu a REN Nº 687/2015, que permite a compensação de energia em outras unidades consumidoras, desde que essas unidades estejam devidamente cadastradas como unidades de rateio de energia para o ponto de geração correspondente e tenham a mesma titularidade da unidade geradora (ANEEL, 2015).

Desse modo, a tarifa de energia elétrica no Brasil é dividida entre as componentes TE (Tarifa de Energia) e TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição). E, de acordo Greener (2022), a componente TE representa 44% do valor da tarifa e a TUSD representa 56%. Além disso, sobre o valor total da tarifa, são incididos os impostos de PIS/COFINS e ICMS. Na Figura 9 há o detalhamento da composição da tarifa de energia para o consumidor.

Figura 9 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica

TARIFA DE ENERGIA					
TE		TUSD			
ENERGIA	ENCARGOS	FIO A	FIO B	ENCARGOS	PERDAS

Fonte: Adaptado de GREENER (2022)

2.3.1 Lei nº 14.300/2022

Em 6 de janeiro de 2022 foi instituído no Brasil, por meio da Lei nº 14.300, o Marco Legal da Geração Distribuída. Essa legislação estabelece o regramento da micro e minigeração distribuída de energia. Isso proporciona maior segurança jurídica, estabilidade e previsibilidade para o mercado, impulsionando o desenvolvimento de fundamentos essenciais que permitirão ao Brasil alcançar um novo nível de sustentabilidade, competitividade e inovação (GREENER, 2022).

Além disso, a Lei nº 14.300/2022 assegurou que todas as unidades que já existem, ou que solicitarem acesso até 12 meses após a publicação da lei, mantenham os benefícios já adquiridos até 2045. Mas também, a lei estabeleceu as regras que serão aplicadas durante e após a transição regulatória. (SENADO, 2022).

A principal mudança trazida pela Lei em relação à normativa anterior, trata-se do sistema de compensação de energia referente ao excedente injetado na rede da distribuidora de energia, e de que modo retornará ao cliente em forma de desconto na conta de luz. Dessa maneira, inclui a cobrança quando ocorre a injeção de energia na rede de distribuição da concessionária e é justificável pela necessidade de cobrir gastos relacionados à manutenção da infraestrutura dessas redes.

Para compreender esse fenômeno, faz-se é necessário entender o conceito de simultaneidade. Esta refere-se à parte da energia gerada que é consumida

instantaneamente no momento da geração, sem ser registrada pelo medidor e, portanto, não sendo utilizada no processo de compensação.

A simultaneidade pode variar de 0% a 100%, indicando a proporção da energia gerada que é consumida localmente no momento da geração. Assim, quanto maior o nível de autoconsumo no local, maior será a simultaneidade e menor será a quantidade de energia injetada na rede elétrica (ENERGÊS, 2022).

Nesse sentido, para os consumidores que apresentarem solicitação de acesso após o prazo de 12 meses a partir da publicação da Lei, ou seja, que não possuam direitos adquiridos como geração junto à carga, geração compartilhada, EMUC (Escriturário Médio de Usina de Cooperação) ou autoconsumo inferior a 500 kW, o faturamento será gradualmente cobrado com base na TUSD fio B. Desse modo, começando com 15% da TUSD durante o ano de 2023, e aumentando até chegar aos 90% em 2028 (BRASIL, 2022). A Tabela 3 mostra os valores cobrados referente ao Fio B.

Tabela 3 – Percentual do Fio B a ser cobrado por ano

Percentual do Fio B	
Ano	Percentual
2023	15%
2024	30%
2025	45%
2026	60%
2027	75%
2028	90%
2029	Nova regra

Fonte: Autor (2023)

Dito isso, a partir de 2029, todas as componentes tarifárias não relacionadas ao custo da energia serão cobradas, levando em consideração os benefícios da geração distribuída à rede. Bem como, a ANEEL será responsável por avaliar e valorizar esses benefícios de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética - CNPE (BRASIL, 2022).

Para os consumidores do grupo B (consumidores de baixa tensão), existia uma taxa mínima cobrada por meio de compensação financeira e créditos de energia elétrica. Ademais, a Lei nº 14.300/2022 trouxe uma mudança significativa, eliminou a duplicidade na cobrança do custo de disponibilidade. Desse modo, permitiu que os clientes que possuíam um sistema instalado antes da homologação da nova Lei utilizassem os créditos de energia para compensar essa taxa adicional.

Essa medida visa garantir uma cobrança mais justa e equilibrada para os consumidores que optam pela geração de energia solar em suas residências. Assim, o custo de disponibilidade passou a seguir as seguintes regras:

- Com direito adquirido: a compensação de energia somente deverá ocorrer até o limite em que o valor do faturamento da unidade consumidora seja maior ou igual ao mínimo de referência. Logo, sempre haverá uma cobrança do custo de disponibilidade na conta de energia (GREENER, 2022);
- Na regra de transição: o consumidor irá pagar somente o custo de disponibilidade, caso o consumo medido for abaixo do valor de referência (GREENER, 2022).

Portanto, a nova lei manteve a definição de microgeração distribuída de acordo com a resolução da Aneel, porém, foram realizadas modificações no texto para a definição de minigeração distribuída, conforme mostrado na Figura 10. Além disso, foi incluído o conceito de Autoconsumo Local, em que a geração de energia ocorre junto à carga e o excesso de energia gerado é compensado na própria unidade consumidora (BRASIL, 2022).

Figura 10 – Comparativo dos conceitos de micro e minigeração distribuída

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022 (Marco Legal MMD)
Potência Instalada	Microgeração Distribuída: menor ou igual a 75 kW Minigeração Distribuída: maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW	Microgeração Distribuída: menor ou igual a 75 kW Minigeração Distribuída: maior que 75 kW e menor ou igual a 5MW para as fontes despacháveis* e menor ou igual a 3MW para as fontes não despacháveis**.

Fonte: GREENER (2022)

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para a realização deste trabalho seguiu uma abordagem baseada em pesquisa bibliográfica e coleta de dados para a aplicação de um estudo de caso. Este teve como foco a análise de viabilidade econômica e construtiva de um sistema fotovoltaico em uma residência localizada no programa social habitacional “Minha Casa, Minha Vida”, na cidade de Bacabal - MA.

Nesse sentido, obteve-se informações detalhadas sobre a residência, quanto a localização, os aspectos construtivos e o consumo mensal de energia através das faturas de energia elétrica fornecidas pela Equatorial - MA. A saber, a localização é relevante na determinação da orientação da casa em relação ao sol, a fim de adquirir maior eficiência do sistema.

Não só isso, mas quanto aos aspectos construtivos estes são observados para identificar possíveis áreas sombreadas e não sombreadas na cobertura, local onde os módulos serão instalados. E, o consumo mensal de energia é essencial para realizar um dimensionamento adequado, bem como consultar o morador para entender a rotina da residência para a determinação do fator simultaneidade.

Com isso, são empregadas equações matemáticas para calcular as quantidades de painéis solares necessários para a residência. Posteriormente, é verificado se a área disponível na cobertura da residência é adequada para a sua instalação. Na etapa seguinte é feito o dimensionamento do inversor, no qual é selecionado com base na potência energética requerida pela residência.

Por fim, serão realizadas análises dos custos atuais relacionados à implementação de um sistema para este estudo de caso. Assim como os gastos mensais com a conta de energia elétrica, levando em consideração a nova legislação vigente, Lei nº 14.300 de 6 de janeiro de 2022. Desse modo, será calculado o tempo necessário para que o investimento no sistema seja recuperado por meio das economias geradas.

Por conseguinte, esses mesmos cálculos serão repetidos anualmente durante a fase de transição, que abrange o período de 2023 a 2029. Por fim, serão feitos cálculos considerando todas as mudanças legislativas que estarão em vigor até o ano de 2029.

3.1 Consumo diário médio

Conforme os procedimentos de distribuição de energia elétrica da ANEEL, as faturas devem possuir informações obrigatórias. São elas:

- Identificação;
- Endereço do consumidor;
- Grupamento (A ou B);
- Tipo de conexão (monofásico, bifásico ou trifásico);
- Energia consumida;
- Demanda contratada;
- Demanda medida;
- Impostos; e
- Histórico de faturamento.

Com a avaliação da tarifa realizada, que possui os dados de consumo mensal dos últimos 12 meses, e fazendo uso da equação, é possível encontrar o consumo médio mensal.

$$C_{mm} = \frac{\Sigma \text{Cons. Mensal}}{12} \quad (1)$$

Onde:

- C_{mm} : Consumo mensal médio (W);
- Σ Cons. Mensal: soma do consumo de cada mês (W).

Desse modo, através do valor obtido, é possível determinar a quantidade do consumo diário médio de energia da residência com a equação a seguir:

$$C_{dm} = \frac{C_{mm}}{30} \quad (2)$$

Onde:

- C_{dm} : Consumo diário médio (W);

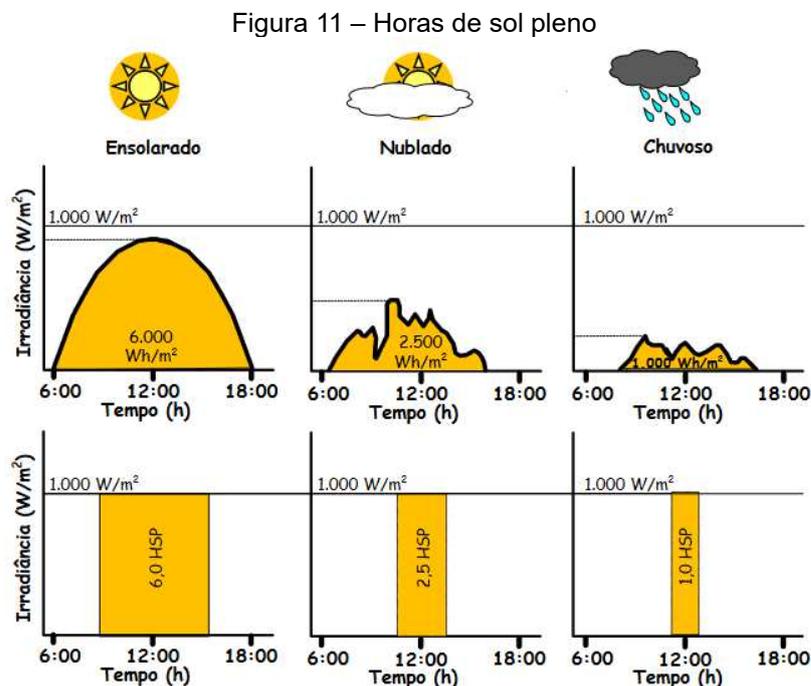
- Cmm: Consumo mensal médio (W);

É importante pontuar que os valores obtidos pela conta de energia podem não representar o consumo considerado padrão da residência, pois eventos atípicos podem mudar o hábito da família e conseqüentemente o uso de energia. Por essa razão, o primeiro momento é caracterizado por um diálogo com a família para entender as necessidades do projeto e constatar se o consumo mensal é verdadeiramente o que está presente na conta de energia.

3.2 Horas de Sol Pleno de Bacabal - MA

O cálculo para dimensionamento do sistema solar é influenciado pelo local da instalação. Ademais, o número de Horas de Sol Pico ou Horas de Sol Pleno (HSP) é uma grandeza que reflete o número de horas em que a irradiância solar deve permanecer igual a 1 kW/m^2 , de modo que a energia acumulada ao longo do dia seja equivalente à disponibilizada pelo Sol naquele determinado local.

Segundo Pinho e Galdino (2014), a HSP está compreendida entre duas a três horas antes e depois do meio-dia solar. Por exemplo, a Figura 11 apresenta gráficos ilustrativos sobre a HSP.



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Através da Tabela 4, disponível no site do CRESESB (2018), é possível obter informações sobre a irradiação solar média no local de instalação do sistema fotovoltaico. Esse dado é crucial para determinar a posição e inclinação ideais dos módulos solares.

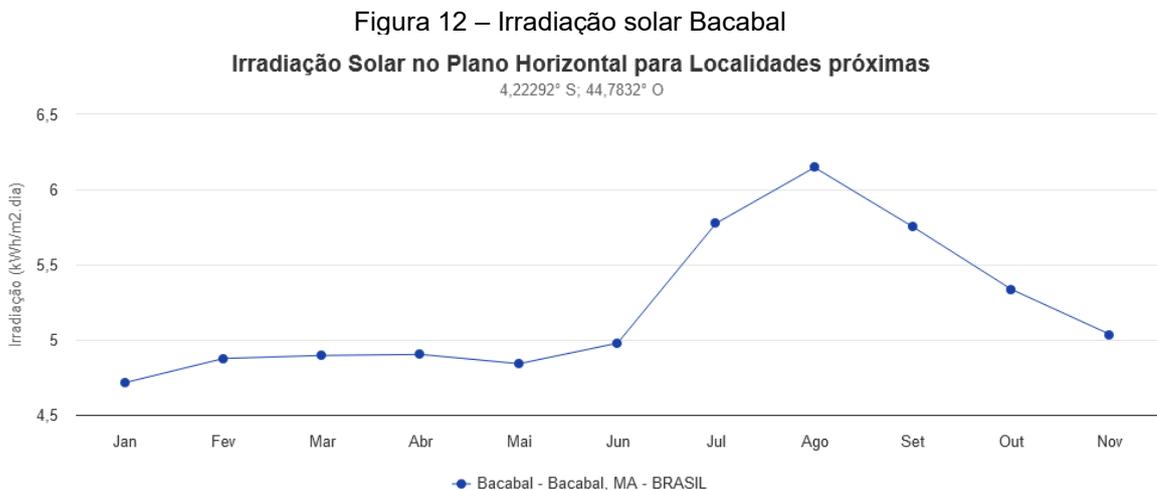
No caso da cidade de Bacabal - MA, a média anual de irradiação solar é de 5,21 horas, conforme os registros. Esta informação é importante para garantir um aproveitamento máximo da energia solar disponível na região e otimizar o desempenho do sistema fotovoltaico.

Tabela 4 – Tabela de Irradiação

		Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	4,71	4,88	4,89	4,9	4,84	4,98	5,24	5,78	6,15	5,75	5,34	5,04	5,21	1,43
Ângulo igual a latitude	4° N	4,61	4,81	4,89	4,97	4,97	5,15	5,41	5,89	6,18	5,69	5,22	4,9	5,22	1,57
Maior média anual	6° N	4,55	4,77	4,88	4,99	5,03	5,23	5,49	5,95	6,18	5,65	5,15	4,83	5,23	1,63
Maior mínimo mensal	2° S	4,76	4,9	4,89	4,86	4,77	4,88	5,15	5,71	6,12	5,77	5,39	5,1	5,19	1,36

Fonte: Adaptado de Cresesb (2023)

Além disso, a Figura 12 apresenta um gráfico que ilustra os valores de irradiação solar em Bacabal ao longo dos meses. Essa representação gráfica permite observar as variações sazonais da irradiação solar na região. Assim, ao analisar o gráfico, é possível identificar os meses de maior e menor incidência solar.



Fonte: Cresesb (2018)

Conforme mencionado por Pinho e Galdino (2014), a fim de atender aos requisitos dos projetos de sistemas fotovoltaicos, é necessário que a irradiação solar mínima seja de 3 a 4 kWh/m². dia. Portanto, os dados de irradiação solar de Bacabal, apresentados na tabela, demonstram ser adequados para a viabilização da instalação de um sistema fotovoltaico.

3.3 Potência diária necessária

A potência necessária do sistema residencial é determinada com base nos valores calculados do consumo diário médio e nas horas de sol pleno selecionadas. Dessa forma, utilizando a seguinte equação, é possível determinar a potência requerida para suprir as necessidades energéticas do local.

$$P_p = \frac{C_{dm}}{\frac{T_d}{H. \text{ sol pleno}}} \quad (3)$$

Onde:

- P_p: Potência de pico diária (Wp);
- T_d: Taxa de desempenho (%);
- C_{dm}: Consumo diário médio (Wh/dia);
- H. sol pleno: Horas de sol pleno (horas).

Em relação as Horas de Sol Pleno, utiliza-se a média de 5,21 horas para a localidade em estudo, conforme relatado anteriormente. Quanto à taxa de desempenho, estima-se que seja aproximadamente 80%. Essa estimativa é embasada em estudos realizados por Pinho e Galdino (2014), na qual destaca-se que, quando os sistemas estão bem ventilados e não são afetados por sombreamento, é esperado que alcancem uma taxa de desempenho entre 70% e 80%.

3.4 Quantidade de módulos

Na etapa de dimensionamento do sistema fotovoltaico, é primordial determinar a quantidade de módulos solares necessários para atender a demanda

energética da residência. Bem como, diversos fatores devem ser considerados nesse processo, incluindo o tipo do módulo, o tamanho, a potência fornecida e a disponibilidade de marcas e equipamentos na região.

Para este projeto, o modelo de módulo escolhido é o Risen Solar RSM110-8-545BMDG, mostrado na Figura 13, que possui características que o tornam adequado para a instalação na região em estudo. Esse painel solar foi selecionado por apresentar um custo-benefício satisfatório, além de ser produzido por uma marca reconhecida no mercado. Além disso, é um dos modelos mais utilizados para instalações residenciais na região, o que facilita a disponibilidade de assistência técnica e manutenção.

Figura 13 – Modelo do módulo



Fonte: Topten (2023)

Não só isso, mas é importante ressaltar que o modelo de painel solar selecionado é de Silício Monocristalino e possui uma potência de 545W. Essa potência mais elevada por painel significa que será necessário um número menor de módulos para atender à demanda energética da residência.

Após a definição do módulo fotovoltaico, é feita a determinação da quantidade de painéis solares pela equação a seguir:

$$n_{mód} = \frac{P_p}{PM} \quad (4)$$

Onde:

- Nmód: Quantidade de módulos;

- Pp: Potência de pico (Wp);
- PM: Potência nominal do painel (W).

Para mais, outro fator a ser considerado durante o dimensionamento do sistema fotovoltaico é a área disponível no telhado onde os módulos serão instalados. Por isso, é essencial verificar se o espaço é adequado para a quantidade de módulos determinada anteriormente.

A equação seguinte mostra o cálculo da área necessária para o dimensionamento.

$$A_t = n_{mód} * A_{mód} \quad (5)$$

Onde:

- At: Área total necessária (m²);
- Nmód: Quantidade de módulos;
- Amód: Área do módulo (m²).

3.5 Potência do microinversor

O microinversor é responsável por converter a corrente contínua gerada pelos painéis solares em corrente alternada utilizada em residências e estabelecimentos comerciais.

Para escolher o microinversor adequado, é necessário considerar a potência total dos módulos solares. Se a potência do microinversor for menor do que a potência dos módulos, ele poderá limitar a potência do sistema como um todo, reduzindo a capacidade de geração de energia. Portanto, é importante selecionar um microinversor com potência igual ou superior à potência total dos módulos solares para garantir o desempenho ideal do sistema.

Por outro lado, se o microinversor tiver uma potência maior do que a potência dos módulos solares, o sistema ficará limitado à potência dos próprios painéis. Nesse caso, o microinversor poderá operar em sua capacidade máxima, mas a energia gerada será limitada pela potência dos módulos solares instalados.

Para a determinação do microinversor, calcula-se a potência mínima conforme a equação a seguir:

$$P_{m.inv} = P_{mód} * n_{mód} \quad (6)$$

Onde:

- $P_{m.inv}$: Potência do microinversor (W);
- $P_{mód}$: Potência do módulo (W);
- $n_{mód}$: Quantidade de placas.

3.6 Valor do Fio B

A Lei nº 14.300 entrou em vigor a partir de janeiro de 2023, com isso, ocorreram alterações na forma de tarifação da energia gerada pelo sistema fotovoltaico e injetada na rede elétrica. Então, com base nos dados fornecidos pela ANEEL e a concessionária de energia Equatorial Maranhão, a tarifa estabelecida para a energia injetada será de R\$ 0,28678 por unidade de energia (kWh).

Através da equação a seguir é possível encontrar o valor tarifado sobre o Fio B para cada ano:

$$VC = C_{mensal} * (1 - \%FS) * T_{ano} * V_{kWh} \quad (7)$$

Onde:

- C_{mensal} : Consumo mensal (W);
- $\%FS$: Fator simultaneidade (%);
- T_{ano} : Nova taxa (%);
- V_{kWh} : valor do kWh (R\$).

Como mencionado, de acordo com a nova lei, os sistemas fotovoltaicos protocolados a partir de janeiro de 2023, sofrerá um aumento escalonado com incrementos de 15% no valor do Fio B ao ano de 2023, como mostrado na Tabela 3 no item 2.3.1, até alcançar o pagamento integral de 90% dessa tarifa até o ano de 2029, ano que será implementado uma nova Lei.

Além do mais, de acordo com a tarifa de energia do caso estudado, fornecida pela Equatorial - MA, o valor pago pela classe residencial convencional no momento do estudo era de 0,6509 R\$/kWh sem impostos e 0,844420 R\$/kWh com tributos. Desse modo, será utilizado o valor de R\$ 0,86 para fins de cálculo de tarifação.

Figura 14 – Simultaneidade em residências



Fonte: ENERGÊS (2022)

De acordo com a família que reside na residência, durante o dia, apenas alguns eletrodomésticos principais, como geladeira, fogão e micro-ondas, permanecem ligados, uma vez que os moradores não ficam em casa. Com base nessa informação, estima-se que cerca de 30% da energia gerada pelo sistema fotovoltaico seja consumida durante o período diurno, enquanto os outros 70% são injetados na rede elétrica, como ilustra a Figura 14. Dessa forma, o valor adotado para a simultaneidade será de 30%.

3.7 Viabilidade econômica do sistema

O investimento é uma das principais motivações para a implementação de um projeto fotovoltaico, pois o objetivo é alcançar rentabilidade por meio da redução dos custos na conta de energia elétrica. Assim, ao considerar o investimento em um sistema fotovoltaico, é importante levar em consideração não apenas o custo inicial

de aquisição, mas também os custos operacionais e de manutenção ao longo da vida útil do sistema.

Nesse sentido, o estudo econômico visa avaliar o período necessário para recuperar o capital investido na construção do sistema fotovoltaico. E, uma das maneiras de avaliar a viabilidade de um projeto é por meio do conhecimento de conceitos financeiros, permitindo escolher a melhor alternativa que se adequa ao perfil de aplicação empregado.

Desse modo, o *payback* é uma metodologia de análise de investimento que calcula o período em que a aplicação inicial é igual ao lucro acumulado gerado por esse investimento. No entanto, é uma abordagem bastante limitada, pois não leva em consideração fatores como risco, correção monetária ou financiamento. Ao utilizar esse indicador em conjunto com outros métodos de análise de viabilidade, é possível obter uma visão mais precisa da relação entre valor e tempo de retorno dos investimentos (MIRANDA, 2014).

Além disso, o Valor Presente Líquido (VPL) é uma ferramenta financeira e matemática que permite calcular o valor atual dos pagamentos futuros ao aplicar uma taxa de juros atraente e subtrair o valor do investimento inicial. Quando o VLP for positivo, o investimento é considerado vantajoso, já em caso de ser negativo, o investimento não deverá ser considerado.

A equação seguinte indica o cálculo do VLP:

$$VPL = -FC_o + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^n} \quad (8)$$

Onde:

- FC_o : Investimento inicial;
- FC_t : Fluxo de caixa do ano n ;
- n : Número de anos;
- K : Custo de capital.

Não só isso, mas a Taxa Interna de Retorno (TIR) também deve ser considerada no estudo do tempo de retorno. E, segundo Ross (2015), esta é uma taxa de desconto hipotética determinada por meio de uma projeção do fluxo de caixa, que

representa as receitas previstas geradas por um investimento durante um determinado período, considerando que o VPL seja igual a zero. Na prática, a TIR é utilizada para avaliar a viabilidade de um projeto, determinando se é considerada viável ou não.

Com a equação seguinte pode-se calcular a TIR:

$$VPL = -FC_o + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^n} \quad (9)$$

Onde:

- FCo: Investimento inicial;
- FCt: Fluxo de caixa do ano n;
- N: Número de anos;
- TIR: Taxa interna de retorno.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Descrição da residência

O projeto a ser examinado é direcionado a uma casa do residencial “Terra do Sol”, que faz parte do projeto social habitacional “Minha Casa, Minha Vida” no município de Bacabal - MA. Além disso, a economia será estimada a longo prazo, uma vez que se trata de uma das características do sistema fotovoltaico.

Nesse sentido, a residência possui os seguintes cômodos:

- Sala de estar;
- Cozinha;
- 2 quartos;
- 1 banheiro social;
- Área de serviço; e
- Garagem.

Ademais, é importante destacar que a residência faz parte de um conjunto habitacional que contempla o uso de sistemas de aquecimento solar. Essa iniciativa representa um avanço significativo no sentido de promover o uso de energias renováveis e sustentáveis no setor habitacional, contribuindo para a redução do consumo de energia convencional e para a mitigação dos impactos ambientais.

No entanto, é válido ressaltar que, especialmente no Maranhão, um dos estados mais quentes do Brasil, o uso do sistema de aquecimento solar pode apresentar algumas particularidades. Isso se deve ao fato devido às altas temperaturas e ao clima predominantemente quente da região, a demanda por aquecimento de água pode ser reduzida, uma vez que a água já possui uma temperatura elevada na maior parte do ano.

Nesse contexto, os moradores da residência em questão dispensam o uso do sistema de aquecimento solar, já que a água já atinge temperaturas satisfatórias para o uso cotidiano sem a necessidade de aquecimento adicional.

4.1.1 Localização

A residência objeto desse estudo está situada na Rua 23, Quadra 38, Casa 29, Residencial Terra do Sol, Bacabal - MA. E, através do Google Earth, é possível obter uma visualização detalhada do local e identificar sua posição exata dentro do residencial, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Localização do Residencial Terra do Sol



Fonte: Google Earth (2023)

A orientação do norte está voltada para o mesmo sentido da fachada, apresentada na Figura 16, da residência. Outrossim, a maior área de cobertura disponível para a instalação está nesse sentido, o que garante melhor orientação e posição para os painéis.

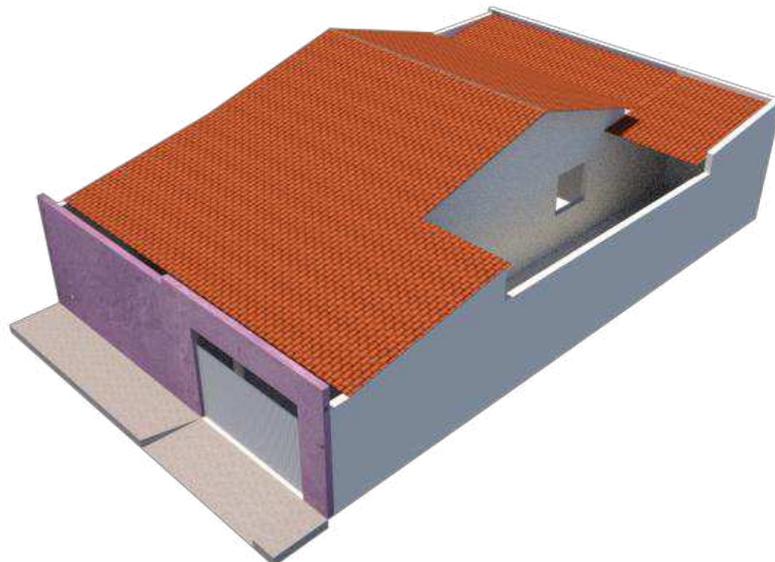
Figura 16 – Fachada da residência



Fonte: Autor (2023)

Além disso, a habitação está localizada em um terreno com dimensões aproximadas de 9 metros de largura e 15 metros de comprimento. E, na Figura 17 a seguir, é possível visualizar a edificação e sua cobertura.

Figura 17 – Simulação da cobertura da residência



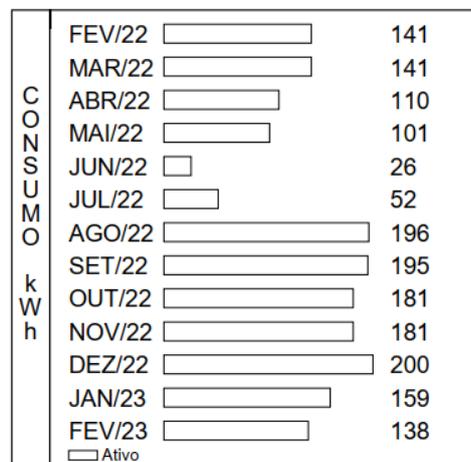
Fonte: Autor (2023)

4.2 Consumo elétrico da residência

Para calcular o consumo médio de energia elétrica da residência, é necessário analisar as faturas dos últimos 12 meses de consumo, fornecidas pela Equatorial Energia Maranhão. Essas faturas fornecem informações detalhadas sobre o consumo mensal de energia, tarifas aplicadas, valores pagos e outros dados relevantes.

Dito isso, a Figura 18 apresenta dados das últimas 12 contas (do mês de fevereiro de 2022 a janeiro de 2023). Já na Tabela 5 e Figura 19 fornecem detalhes sobre o consumo de energia da residência em estudo. Bem como, o Anexo C contém a conta de energia, proporcionando uma visualização detalhada da mesma.

Figura 18 – Recortado do histórico do consumo da conta de energia



Fonte: Autor (2023)

Tabela 5 – Consumo

Ano	Mês	Consumo (kWh)
2022	Março	141
2022	Abril	110
2022	Maio	101
2022	Junho	56
2022	Julho	52
2022	Agosto	196

Continua

Ano	Mês	Consumo (kWh)
2022	Setembro	195
2022	Outubro	181
2022	Novembro	181
2022	Dezembro	200
2023	Janeiro	159
2023	Fevereiro	138
Total		1710
Média		142,5

Fonte: Autor (2023)

Figura 19 – Gráfico de consumo



Fonte: Autor (2023)

4.3 Dimensionamento

4.3.1 Consumo diário médio

Primeiramente, é necessário determinar o consumo diário de energia da residência. Sendo assim, através dos valores obtidos da tarifa, é possível obter os valores de consumo mensal.

$$\Sigma \text{ Cons. Mensal} = 141 + 110 + 101 + 56 + 52 + 196 + 195 + 181 + 181 + 200 + 159 + 138 = 1710 \text{ kWh}$$

$$C_{mm} = \frac{\Sigma \text{ Cons. Mensal}}{12}$$

$$C_{mm} = \frac{1710 \text{ kWh}}{12}$$

$$C_{mm} = 142500 \text{ Wh/mês}$$

Entretanto, como mencionado anteriormente, é essencial compreender o consumo real da residência, o que torna a conversa com o proprietário indispensável. Dessa forma, o responsável pela residência informou que no ano de 2022 houve um consumo de energia elétrica abaixo do habitual, por motivos pessoais, especialmente durante os meses de abril a julho.

Ao considerar essa informação e prevendo um aumento no consumo, os valores de menor consumo mensal foram substituídos pelos valores correspondentes ao maior consumo mensal, que ocorreu em dezembro. Sendo assim, temos:

$$\Sigma \text{ Cons. Mensal} = 200 + 200 + 200 + 200 + 200 + 200 + 200 + 200 + 200 + 200 + 200 + 200 = 2400 \text{ kWh}$$

$$C_{mm} = \frac{2400 \text{ kWh}}{12}$$

$$C_{mm} = 200000 \text{ Wh/mês}$$

Através do valor obtido, é possível encontrar o valor do consumo diário médio com a Equação 2.

$$C_{dm} = \frac{C_{mm}}{30}$$

$$C_{dm} = \frac{20000}{30}$$

$$C_{dm} = 6666,67 \text{ Wh/dia}$$

4.3.2 Potência diária necessária

Para determinar a potência diária necessária utiliza-se a Equação 3:

$$P_p = \frac{6666,67}{\frac{80\%}{5,21}}$$

$$P_p = 1599,49 \text{ Wp}$$

4.3.3 Quantidade de módulos fotovoltaicos

Sabe-se que o módulo definido possui uma potência de 545W. E, utilizando a Equação 4 é possível encontrar a quantidade de módulos fotovoltaicos. Assim:

$$n_{mód} = \frac{P_p}{PM}$$

$$n_{mód} = \frac{1599,49}{545}$$

$$n_{mód} = 3$$

Além disso, a potência total do sistema fotovoltaico pode ser obtida multiplicando a quantidade de módulos pelo valor da potência fornecida por cada um. Sendo assim, no caso dos três módulos calculados, a potência total pode ser encontrada da seguinte forma:

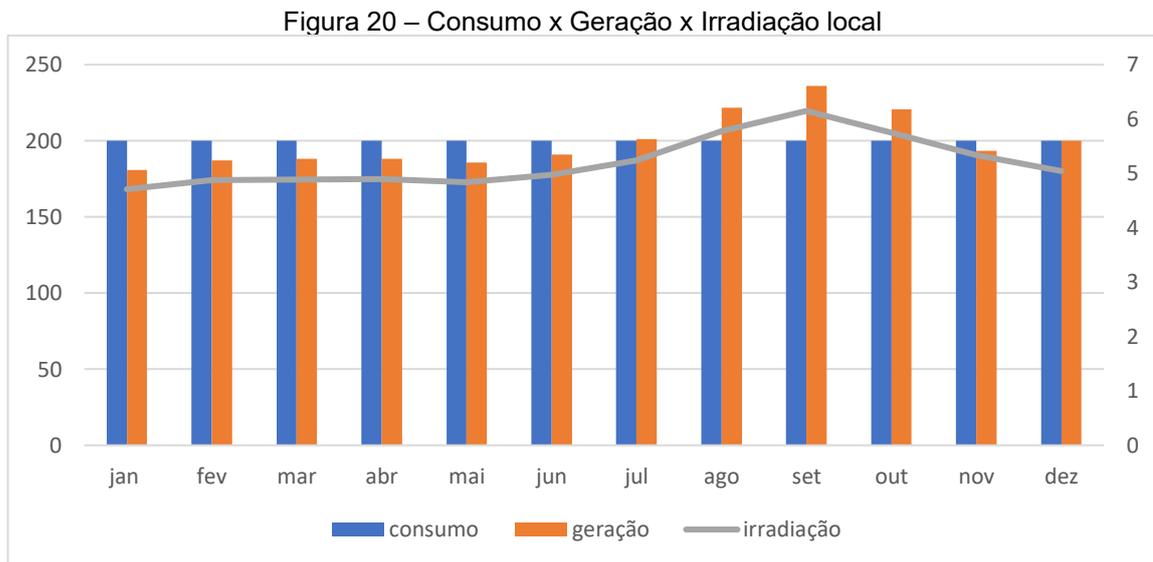
$$P_{ot. total} = 3 * 545$$

$$P_{ot. total} = 1635 \text{ Wp}$$

Nesse sentido, a Figura 20 apresenta uma representação gráfica da relação entre a geração de energia fotovoltaica, o consumo de energia elétrica e a

irradiação solar local. Logo, essa visualização permite visualizar de forma clara como a geração de energia varia ao longo dos meses em relação à irradiação solar disponível, e como o consumo de energia se relaciona com a geração fotovoltaica.

Essa análise auxilia na compreensão do desempenho do sistema fotovoltaico e na identificação de possíveis momentos de maior geração e consumo de energia.



Fonte: Autor (2023)

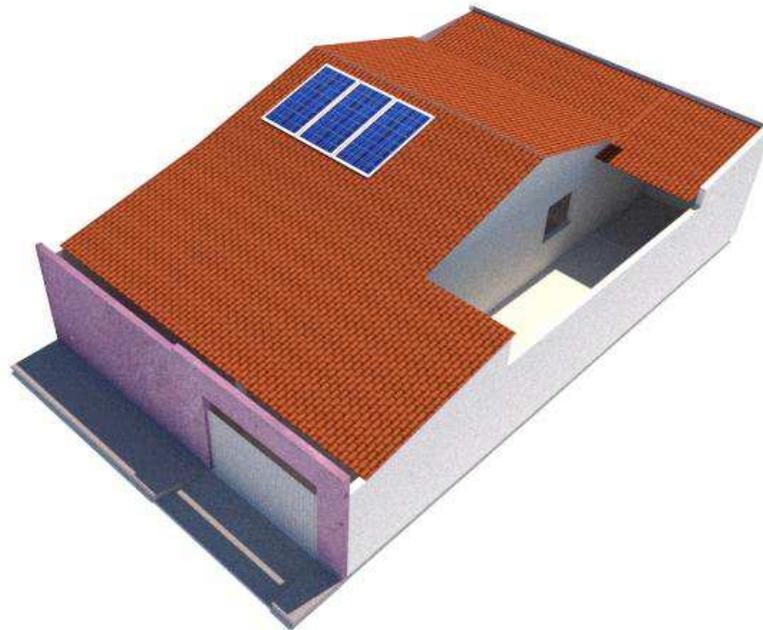
Para o cálculo da área mínima necessária a ser ocupada pelos módulos faz-se o uso da Equação 5:

$$A_t = 3 * 2,61$$

$$A_t = 7,83 \text{ m}^2$$

Não só isso, mas a área da cobertura disponível, voltada para o norte, é de 26,92m², cuja orientação está de frente com a fachada da residência. Por essa razão o telhado possui capacidade para a instalação dos três painéis, representado na Figura 21 na qual demonstra como ficará o telhado com a instalação dos módulos.

Figura 21 – Telhado com a disposição dos módulos



Fonte: Autor (2023)

4.3.4 Determinação do microinversor

Logo após a definição do modelo do módulo, sua quantidade, e encontrado a potência total do sistema de 1635 Wp, é preciso encontrar um equipamento capaz de receber essa potência. Assim, com a Equação 6 é possível determinar a potência mínima necessária.

$$P_{inv} = 545 * 3$$

$$P_{inv} = 1,635 \text{ kW}$$

Por questões de disponibilidade no mercado e levando em consideração a potência mínima necessária, foi optado pelo uso do Microinversor Hoymiles - HMS-2000B. Esse microinversor foi escolhido devido à sua capacidade de atender às especificações do sistema fotovoltaico em questão. Por exemplo, a Figura 22 demonstra um modelo do inversor utilizado.

Figura 22 – Microinversor *Hoymiles*

Fonte: Opus Solar (2023)

4.3.5 Estudo de viabilidade econômica

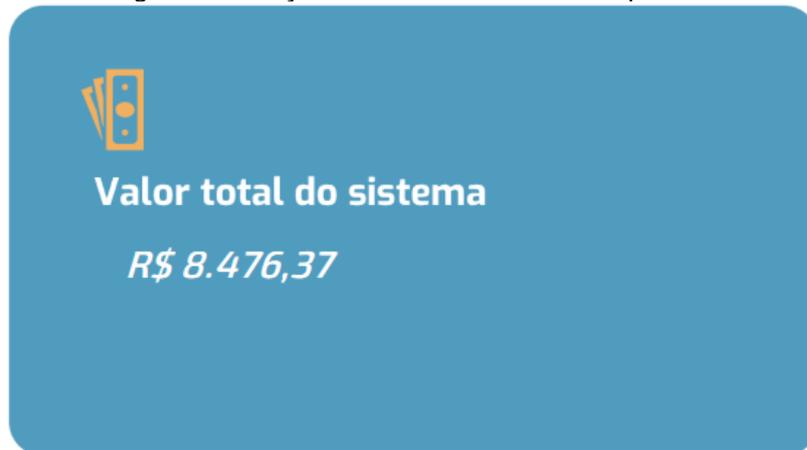
Posto isso, como comentado na metodologia, um dos pontos principais é pesquisar o valor da instalação do sistema fotovoltaico para a residência. Portanto, foi realizado um orçamento com 4 empresas especializadas em energia solar na cidade de Bacabal – MA. A empresa “A” apresentou proposta no valor de R\$ 8.476,37 como mostra da Figura 23. A empresa “B”, informou apenas um valor médio de R\$ 6.000,00 para realizar o sistema. Já a empresa “C” e “D” informou que não consegue gerar proposta para potência de 1,64 kWp por considera-la baixa. A Tabela 6, apresenta em suma os dados coletados.

Tabela 6 – Orçamento com empresas de Bacabal

Empresas	Orçamento
A	R\$ 8.476,37
B	R\$ 6.000,00
C	Sem proposta
D	Sem proposta

Fonte: Autor (2023)

Figura 23 – Orçamento realizado com a empresa A



Fonte: Autor (2023)

Dito isso, analisando esses dados, o valor da proposta utilizada será o da Empresa “A”, com preço total de investimento de R\$ 8.476,37 visto que esta forneceu um orçamento completo e detalhado. No entanto, diversos fatores variáveis podem afetar os valores e o tempo de retorno do investimento. Entre esses fatores estão a taxa de juros, o aumento das tarifas de energia, aumento escalonado do valor do Fio B e a perda de desempenho que ocorre ao longo dos anos em qualquer equipamento.

Sendo assim, de acordo com as estimativas do Boletim Focus do Banco Central (2023 *Apud* VALOR INVESTE, 2023), a meta de inflação estabelecida pelo Banco Central é de 3,25% para o ano de 2023 e de 3% para os anos de 2024 e 2025. No entanto, para fins de cálculo, será adotado uma taxa média de inflação de 4%.

Além disso, segundo informações coletadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a ANEEL, a tarifa de energia apresenta um aumento natural anual de 9,6%. Para fins de cálculo, será utilizado o valor de 10%.

De acordo com estudos realizados por Pinho e Galdino (2014), as perdas de desempenho anuais nos módulos de silício variam geralmente entre 0,5% e 1,0%, o que resulta em uma redução gradual no desempenho da unidade fotovoltaica ao longo do tempo. Para fins de cálculos, será adotado um valor médio de 0,8% como referência. Desse modo, a Tabela 7 apresenta um resumo das premissas adotadas para a realização dos cálculos.

Tabela 7 – Premissas de cálculo do *payback*

Premissas	
Potência da UFV (kWp)	1,64
Irradiação média mensal (kWh/m ² . dia)	5,21
Eficiência global (%)	80%
Perda de desempenho médio anual (%)	0,80%
Consumo médio mensal (kWh)	200
Valor da tarifa energia injetada (R\$)	0,28678
Tarifa no ano-base (R\$/kWh)	0,86
Reajuste médio anual (% a.a.)	10%
Investimento (R\$)	8.467,37
Taxa inflação (% a.a.)	4%

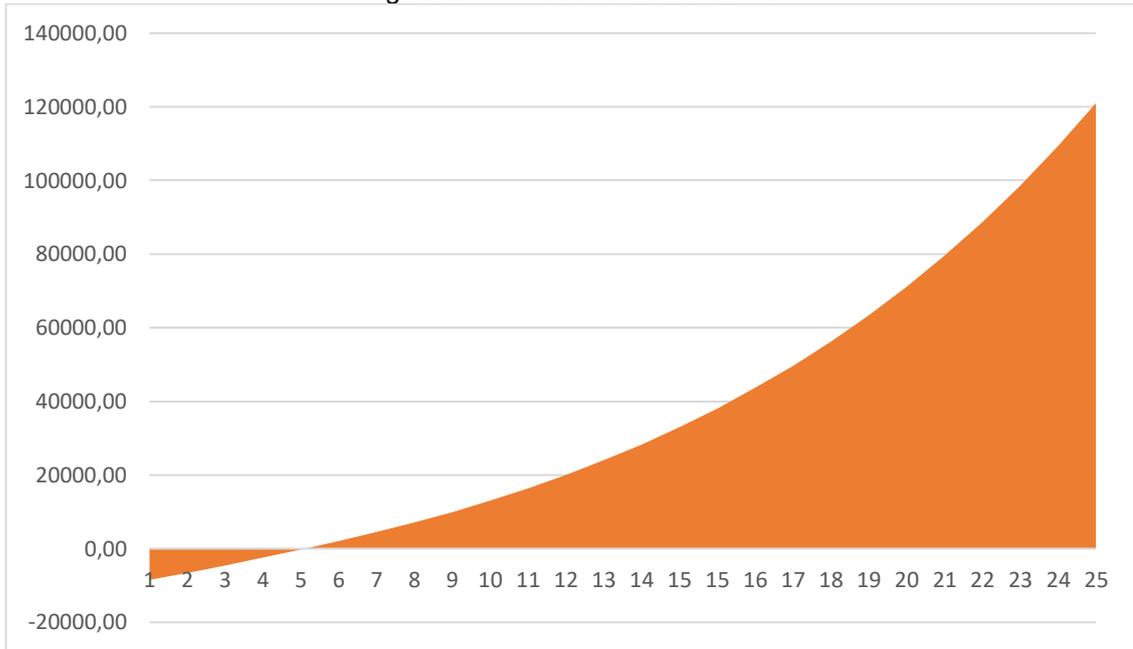
Fonte: Autor (2023)

A fim de organizar os dados relacionados à geração de energia, foi elaborada uma planilha no Excel, considerando os valores da fatura com e sem energia solar, a tarifa do Fio B, o racionamento de energia e o custo economizado anualmente. Além disso, as fórmulas de fluxo de caixa e o tempo de retorno do investimento também foram automatizadas, juntamente com todos os dados necessários para a análise, considerando as premissas adotadas. E, no Apêndice A é possível ter uma visão geral da análise financeira detalhada, incluindo os cálculos e resultados obtidos.

Assim, com base nos valores apresentados no Apêndice A, é encontrado o tempo de retorno do valor investido no sistema fotovoltaico. Dessa forma, é apresentado o resultado do tempo de retorno descontado do investimento no total de 5 anos e 1 mês. Ou seja, essas métricas fornecem uma estimativa do período necessário para recuperar o capital investido, levando em consideração a economia de energia gerada pelo sistema fotovoltaico.

Não só isso, mas a Figura 24 apresenta graficamente o retorno de investimento ao longo dos 25 anos de vida útil do sistema fotovoltaico. E, o gráfico mostra a evolução dos fluxos de caixa, considerando os custos iniciais de instalação, as economias anuais na conta de energia elétrica e o tempo necessário para recuperar o investimento inicial. Dessa forma, proporciona uma compreensão clara e visual do retorno financeiro ao longo do tempo, destacando o ponto em que o investimento se torna lucrativo e os benefícios econômicos continuam a se acumular.

Figura 24 – Investimento x Retorno



Fonte: Autor (2023)

5 CONCLUSÃO

Ao considerar os problemas ambientais decorrentes da industrialização, urbanização, produção de combustíveis e usinas de energia elétrica, observa-se uma evidente necessidade de soluções sustentáveis em todas essas áreas e setores econômicos. Logo, é primordial buscar um equilíbrio entre o desenvolvimento financeiro e a sustentabilidade ambiental.

Nesse sentido, faz-se necessário adotar práticas que promovam o uso responsável dos recursos naturais, e a adoção de fontes de energia renovável. Não só isso, mas a busca por soluções sustentáveis visa garantir um futuro mais equilibrado e preservar o meio ambiente para as gerações futuras.

Nesse sentido, a Lei nº 14.300/2022 trouxe benefícios para o Marco Legal da Geração Distribuída no Brasil. Além de estabelecer uma estrutura assegurada e regulatória sólida, essa legislação representa uma resposta às lacunas e desafios presentes nas normas anteriores.

Nesse contexto, o principal objetivo do trabalho foi verificar a viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico para a produção de energia elétrica em uma edificação unifamiliar de um residencial do programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida”. Para isso, foram coletadas informações geográficas da casa e região, analisada as necessidades dos moradores e verificada a demanda energética da residência.

Após todas as análises, foi observado um tempo de retorno do investimento de 5 anos e 1 mês, juntamente com um custo evitado superior a R\$ 121.000,44. Logo, esses números evidenciam uma excelente viabilidade econômica para a instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência unifamiliar.

Portanto, ao avaliar a viabilidade econômica, é possível identificar os potenciais benefícios e os impactos positivos que a adoção de energia com fonte renovável pode trazer, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a melhoria das condições econômicas da família atendida.

Para trabalhos futuros, recomenda-se realizar uma análise da viabilidade econômica para a implementação de sistemas fotovoltaicos em um conjunto de residências do programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida”. Desse modo, permitirá a ampliação da geração de energia limpa e a redução dos custos fixos para as famílias beneficiadas.

REFERÊNCIAS

- _____. **World Economic Outlook – October 2020**. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629616301980>>. Acesso em: 21 maio 2023.
- ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>> Acesso em: 02 de abr. de 2023.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa 482, de 2012 - bip-junho-2012. Brasília, DF: ANEEL**, 2012. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2023.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa 687. Brasília, DF: ANEEL**, 2020. Disponível em: <<https://ensolarecia.com.br/wp-content/uploads/2020/03/RN-687-Aneel.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2023.
- ANEEL. **Base de Dados das Tarifas das Distribuidoras de Energia Elétrica.2022**. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/basestarifas#!>>. Acesso em: 29 maio 2023.
- BLUESOL. **Painel Solar: Preço e Como Funciona**. 2022. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/painel-solar-preco-e-como-funciona/>>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- BRASIL 61. **Energia elétrica representa, em média, 23% do preço final da cesta básica**. Disponível em: <<https://brasil61.com/n/energia-eletrica-representa-em-media-23-do-preco-final-da-cesta-basica-pind223404#:~:text=os%20mais%20pobres,-,Para%20uma%20fam%C3%ADlia%20com%20renda%20mensal%20de%20at%C3%A9%20R%24%201.908,o%20crescimento%20da%20economia%20brasileira>>. Acesso em: 07 de maio 2023.
- BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. 2022. Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821%3E.>>. Acesso em: 27 abr. 2023.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Minha Casa, Minha Vida deve incluir painel solar, defendem especialistas**, 2023. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/957749-minha-casa-minha-vida-deve-incluir-painel-solar-defendem-especialistas/>>. Acesso em: 13 maio 2023.
- CANAL SOLAR. **Diferença entre módulos bifaciais e monofaciais**. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/diferenca-entre-modulos-bifaciais-e-monofaciais/>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

CANAL SOLAR. **Entendendo a Tarifação do Fio B previsto na Lei 14.300.**

Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/tarifacao-do-fio-b-previsto-na-lei-14-300/>>.

Acesso em: 08 maio 2022.

COGERA. **A Evolução Global da Energia Solar.** 2021. Disponível em:

<https://cogera.com.br/a-evolucao-global-da-energia-solar/>. Acesso em: 05 abr. 2023.

CRESESB – Centro de Referência para as energias solar e eólica Sérgio de S. Brito. **Potencial Energético**, 2022. Disponível em:

<<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 22 maio 2023

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2022 -**

Ano base 2021. 2022. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>> . Acesso em: 25 maio 2023.

ENERGES. **Simultaneidade.** Disponível em:

<<https://energes.com.br/simultaneidade/>>. Acesso em: 13 maio. 2023.

ENERGIZA SUN. **Introducción.** 2022. Disponível em:

<<https://energizasun.com.br/introducao-es/>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

EPE. **Matriz energética e elétrica**, 2023. Disponível em:

<<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#:~:text=Enquanto%20a%20matriz%20energ%C3%A9tica%20representa,a%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20el%C3%A9trica>>. Acesso em: 03 abr. de 2023.

EPE. **Matriz energética e elétrica**, 2023. Disponível em:

<<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

EPE. **Plano decenal de expansão de energia.** 2023. Disponível em:

<<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2023.

EPE. **Relatório final.** 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-47/topico-85/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202023.pdf>>

Acesso em: 04 de abr. de 2023.

EQUATORIAL ENERGIA MARANHÃO. **Valor de Tarifas e Serviços - Residencial**

Normal. Disponível em: <<https://ma.equatorialenergia.com.br/informacoes-gerais/valor-de-tarifas-e-servicos/#residencial-normal>>. Acesso em: 23 maio. 2023.

EXAME. **Quando custa instalar energia solar?**, 2022. Disponível em

<<https://exame.com/negocios/custa-instalar-energia-solar/>>. Acesso em: 17 maio 2023.

GOOGLE. **Google Earth**, 2023. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-4.19756032,-44.78645678,20.90629323a,1681.66963447d,35y,5.20742736h,0t,0r>>. Acesso em: 8 maio 2023.

GOVERNO DO BRASIL. **Energia renovável chega a quase 50% da matriz elétrica brasileira**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/energia-renovavel-chega-a-quase-50-da-matriz-eletrica-brasileira>>. Acesso em: 02 jun. 2023.

GREENER. **Análise do Marco Legal da Geração Distribuída - Lei 14.300/2022**. 2022. Disponível em: <<https://www.greener.com.br/estudo/analise-do-marco-legal-da-geracao-distribuida-lei-14-300-2022/>>. Acesso em: 09 jun. 2023.

HB ENERGIA. **Energia solar**. 2022. Disponível em: <<https://hbenergia.com.br/>>. Acesso em: 05 jun. 2023.

INEE. **O que é Geração Distribuída**. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 16 abr. 2023.

IRENA. **Energy transition**. 2023. Disponível em: <<https://www.irena.org/Energy-Transition/Outlook>>. Acesso em: 15 maio 2021.

JAUROS, Gabriela Catelan. **Energia solar fotovoltaica: estudo de viabilidade financeira de um sistema para atendimento de uma unidade consumido residencial**. 2023. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/29141>>. Acesso em: 15 maio 2023.

MENEZES, Mariana Pereira. **Impactos da lei 14.300 na viabilidade de usinas de micro e minigeração fotovoltaica: estudo de caso no Ceará**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/67636/3/2022_tcc_mpmenezes.pdf>. Acesso em: 07 maio 2023.

MIRANDA, A. B. (2014). **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede**. Rio de Janeiro: Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

NEOSOLAR. **Kit Solar**. 2022. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/kit-solar>>. Acesso em: 15 maio 2023.

NEOSOLAR. **O que é inversor solar?** Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/microinversor/diferenca-micro-inversor-inversor-string#o-que-e-inversor-solar>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

NEOSOLAR. **Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica e seus componentes**, 2022. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 25 abr. 2023.

NERIS, A. **Preço do painel solar reduz com avanço tecnológico**, 2023. Disponível em: <<https://www.aldo.com.br/blog/preco-do-painel-solar/>>. Acesso em: 17 maio 2023.

OCA ENERGIA. **Quais são os componentes de um sistema fotovoltaico?**. Disponível em: <<https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/quais-sao-os-componentes-sistema-fotovoltaico/>>. Acesso em: 26 maio 2023.

OLIVERIA, Gabriel Sousa. **Análise de viabilidade para implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica para residências padrão “R1-A” em São Luís – MA**. Orientador: Airton Egydio Petinelli. 2018. 67 f. TCC(Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.uema.br/bitstream/123456789/657/1/GABRIEL%20SOUSA%20OLIVEIRA.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 de abr. 2023.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPTEL-CRESESB, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_214.pdf> Acesso em: 06 abr. 2023.

PORTAL SOLAR. **Célula Fotovoltaica**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 04 maio 2023.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar**. 2022. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar>>. Acesso em: 05 maio 2023.

PORTAL SOLAR. **Fontes de energia**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/fontes-de-energia>>. Acesso em: 14 maio 2023.

PORTAL SOLAR. **História e origem da energia solar**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar>>. Acesso em: 06 abr. 2023.

PORTAL SOLAR. **Matriz energética brasileira: matriz elétrica brasileira**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/matriz-energetica-brasileira-matriz-eletrica-brasileira>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

PORTAL SOLAR. **Mercado de energia solar no Brasil**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em: 23 maio 2023.

ROSS, Stephen A. et al. **Administração financeira**. AMGH Editora, 2015. Acesso em: 08 mar. 2023.

SUNWISE. **22% das famílias reduziram a compra de alimentos devido à alta das contas de luz.** Disponível em: <<https://sunwise.com.br/22-das-familias-reduziram-a-compra-de-alimentos-devido-a-alta-das-contas-de-luz/>>. Acesso em: 03 abr. 2023.

TOPTEN. **RSM1108545BMDG.** Disponível em: <<https://topten.eco.br/private/product/view/RSM1108545BMDG>>. Acesso em: 18 maio 2023.

VALOR ECONÔMICO. **Energia solar supera eólica e se torna a segunda maior fonte na matriz elétrica brasileira.** Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/01/03/energia-solar-supera-eolica-e-se-torna-a-segunda-maior-fonte-na-matriz-eletrica-brasileira.ghtml>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

VALOR INVESTE. **Cai a previsão do mercado para a inflação em 2024 pela quarta semana seguida.** Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/mercados/moedas-e-juros/noticia/2023/06/26/cai-a-previsao-do-mercado-para-a-inflacao-em-2024-pela-quarta-semana-seguida.ghtml>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

VARGAS, PEDRO. **Energia Solar Fotovoltaica: Análise de sua expansão no Brasil.** Orientador: Dr. Renato Lucas Pacheco. 2023. 51 f. TCC(Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/245846/TCC-PedroParronVargas-VersaoFinal_assinado.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 08 mar. 2023.

APÊNDICE A – ANÁLISE DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO/PAYBACK

Ano	Geração (kWh/Ano)	Consumo (kWh/ano)	Tarifa (R\$)	Fatura sem energia solar (R\$)	Fio B (R\$)	Fatura com energia solar (R\$)	Fluxo de caixa simples		Fluxo de caixa descontado	
							Abatimento (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)	Abatimento (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)
0								-8476,37		-8476,37
1	2399,28	2400	0,86	2064,00	0,04	72,25	1991,13	-6485,24	1914,54	-6561,83
2	2380,09	2400	0,95	2270,40	0,09	159,01	2092,55	-4392,69	2012,07	-4549,75
3	2360,88	2400	1,04	2497,44	0,16	262,36	2194,37	-2198,32	2109,97	-2439,78
4	2341,68	2400	1,14	2747,18	0,23	384,80	2295,63	97,31	2207,34	-232,45
5	2322,48	2400	1,26	3021,90	0,31	529,10	2395,20	2492,51	2303,07	2070,63
6	2303,28	2400	1,39	3324,09	0,42	698,41	2491,72	4984,23	2395,89	4466,51
7	2284,08	2400	1,52	3656,50	0,46	768,25	2711,64	7695,87	2607,35	7073,86
8	2264,88	2400	1,68	4022,15	0,50	845,07	2950,63	10646,50	2837,14	9911,01
9	2245,68	2400	1,84	4424,37	0,55	929,58	3210,30	13856,80	3086,83	12997,83
10	2226,48	2400	2,03	4866,80	0,61	1022,54	3492,39	17349,20	3358,07	16355,91
11	2207,28	2400	2,23	5353,48	0,67	1124,79	3798,81	21148,00	3652,70	20008,60
12	2188,08	2400	2,45	5888,83	0,74	1237,27	4131,58	25279,58	3972,67	23981,27
13	2168,88	2400	2,70	6477,72	0,81	1361,00	4492,91	29772,49	4320,11	28301,38
14	2149,68	2400	2,97	7125,49	0,89	1497,10	4885,20	34657,69	4697,31	32998,69
15	2130,48	2400	3,27	7838,04	0,98	1646,81	5311,01	39968,70	5106,74	38105,43
16	2111,28	2400	3,59	8621,84	1,08	1811,49	5773,14	45741,84	5551,10	43656,53
17	2092,08	2400	3,95	9484,02	1,19	1992,64	6274,58	52016,43	6033,25	49689,78
18	2072,88	2400	4,35	10432,43	1,30	2191,91	6818,58	58835,01	6556,33	56246,11
19	2053,68	2400	4,78	11475,67	1,44	2411,10	7408,63	66243,64	7123,69	63369,80
20	2034,48	2400	5,26	12623,24	1,58	2652,21	8048,51	74292,16	7738,95	71108,75
21	2015,28	2400	5,79	13885,56	1,74	2917,43	8742,28	83034,44	8406,04	79514,79
22	1996,08	2400	6,36	15274,12	1,91	3209,17	9494,31	92528,75	9129,15	88643,94
23	1976,88	2400	7,00	16801,53	2,10	3530,08	10309,33	102838,08	9912,82	98556,76
24	1957,68	2400	7,70	18481,68	2,31	3883,09	11192,41	114030,50	10761,94	109318,69
25	1938,48	2400	8,47	20329,85	2,54	4271,40	12149,02	126179,51	11681,75	121000,44

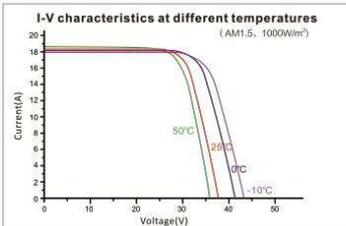
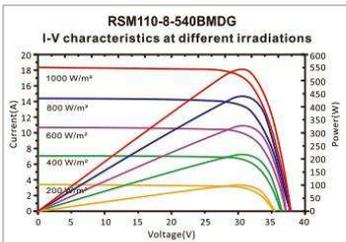
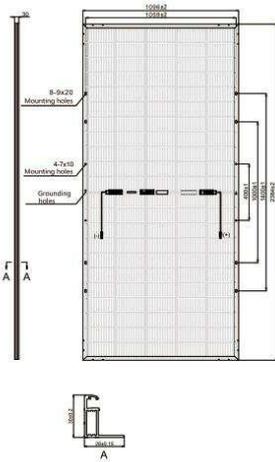
Fonte: Autor (2023)

ANEXOS

ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DO MÓDULO



Dimensions of PV Module UHC: mm



Our Partners:

REM110-BMDG-12BB-EN-H1-3-2021

ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM110-8-530BMDG	RSM110-8-535BMDG	RSM110-8-540BMDG	RSM110-8-545BMDG	RSM110-8-550BMDG
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage-Voc(V)	37.44	37.66	37.88	38.10	38.32
Short Circuit Current-Isc(A)	18.02	18.07	18.13	18.18	18.23
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	31.16	31.36	31.56	31.76	31.96
Maximum Power Current-Imp(A)	17.02	17.07	17.12	17.17	17.22
Module Efficiency (%) *	20.3	20.5	20.7	20.9	21.0

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3. Bifacial factor: 70%±5 *Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

Electrical characteristics with 10% rear side power gain

	583	589	594	600	605
Total Equivalent power -Pmax (Wp)	583	589	594	600	605
Open Circuit Voltage-Voc(V)	37.44	37.66	37.88	38.10	38.32
Short Circuit Current-Isc(A)	19.82	19.88	19.94	20.00	20.05
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	31.16	31.36	31.56	31.76	31.96
Maximum Power Current-Imp(A)	18.72	18.78	18.83	18.89	18.94

Rear side power gain: The additional gain from the rear side compared to the power of the front side at the standard test condition. It depends on mounting (structure, height, tilt angle etc.) and albedo of the ground.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSM110-8-530BMDG	RSM110-8-535BMDG	RSM110-8-540BMDG	RSM110-8-545BMDG	RSM110-8-550BMDG
Maximum Power-Pmax (Wp)	401.6	405.4	409.1	412.9	416.8
Open Circuit Voltage-Voc (V)	34.82	35.02	35.23	35.43	35.64
Short Circuit Current-Isc (A)	14.78	14.82	14.87	14.91	14.95
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	28.92	29.10	29.29	29.47	29.66
Maximum Power Current-Imp (A)	13.89	13.93	13.97	14.01	14.05

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline
Cell configuration	110 cells (5×11+5×11)
Module dimensions	2384×1096×30mm
Weight	33±0.5kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy type 6005-2T6, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm² (12AWG), Positive(+)-350mm, Negative(-)-350mm (Connector Included)
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.34%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	35A
Limiting Reverse Current	35A

PACKAGING CONFIGURATION

	40ft(HQ)
Number of modules per container	700
Number of modules per pallet	35
Number of pallets per container	20
Packaging box dimensions (LxWxH) in mm	2401×1085×1235
Box gross weight[kg]	1225

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT. ©2021 Risen Energy. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

THE POWER OF RISING VALUE

ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES DO MICROINVERSOR

Especificações técnicas

Modelo	HMS-1800B-4T			HMS-2000B-4T		
Dados de entrada (CC)						
Potência do módulo normalmente usada (W)	360 a 600+			400 a 670+		
Tensão de entrada máxima (V)				65		
Faixa de tensão MPPT (V)				16-60		
Tensão de arranque (V)				22		
Corrente de entrada máxima (A)	4 × 15			4 × 15		
Corrente máxima da corrente de curto-circuito de entrada (A)				4 × 25		
Número de MPPTs				2		
Número de saídas por MPPT				2		
Dados de saída (CA)						
Potência de saída nominal (VA)	1800			2000		
Corrente de saída nominal (A)	8,18	7,83	7,5	9,09	8,7	8,33
Tensão de saída nominal/faixa (V) ¹	220/180-275	230/180-275	240/180-275	220/180-275	230/180-275	240/180-275
Frequência nominal/faixa (Hz) ¹	50/45-55 ou 60/55-65					
Fator de potência (ajustável)	>0,99 padrão 0,8 adiantado ... 0,8 atrasado					
Distorção harmônica total	<3%					
Unidades máximas por ramo de 10 AWG ²	3	4	4	3	3	3
Eficiência						
Eficiência CEC máxima	96,5%					
Eficiência nominal do MPPT	99,8%					
Consumo noturno de energia (mW)	<50					
Dados mecânicos						
Faixa de temperatura ambiente (°C)	-40 a +65					
Dimensões (L × A × P mm)	331 × 218 × 36,6					
Peso (kg)	4,7					
Classificação da carcaça	NEMA 6 (IP67)					
Arrefecimento	Convecção natural - Sem ventiladores					
Recursos						
Comunicação	Sub-1G					
Tipo de isolamento	Transformador HF isolado galvanicamente					
Monitoramento	S-Miles Cloud ³					
Conformidade	UL 1741, CSA C22.2 No. 107.1-16, IEEE 1547, ABNT NBR 16150, IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-1/-2/-3/-4, IEC/EN 61000-3-2/-3					

*1 A tensão nominal/faixa de frequência pode variar conforme os requisitos locais.

*2 Consulte os requisitos locais para um número exato de microinversores por ramo.

*3 Sistema de Monitoramento Hoymiles

ANEXO C – CONTA DE ENERGIA



DANF3E - DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA
Equatorial Maranhão Distribuidora de Energia S.A.
 CNPJ: 06.272.793/0001-84 | Ins. Estadual: 120.515.11-3
 Alameda A, Cid. SQS, nº100, Loteamento Quitandinha,
 Altos do Calhau - São Luís - MA CEP: 65.070-900

Página 1/1

Classificação: Residencial Pleno		Tipo de Fornecedor: MONOFÁSICO	
Tensão Nominal Disp.: 220 V Lim Min: 202 V Lim Max: 231 V			
WAGNER VAZ DE SOUSA INSTALAÇÃO: 43873164 CPF: ***.498.44-**-** R. 23, 29, QUADRA 38 QUADRA 38 CEP: 65700-000 RESIDENCIAL TERRA DO SOL - BACABAL - MA		Parceiro de Negócio 1000508349	
		Conta Contrato 3009196438	
Conta Mês	Vencimento	Total a Pagar	
02/2023	23/02/2023	R\$ 137,89	

Data das Leituras	Leitura Anterior	Leitura Atual	Nº de Dias	Próxima Leitura
	16/01/2023	14/02/2023	29	15/03/2023

NOTA FISCAL Nº 038163210 - SÉRIE 000 /
 DATA DE EMISSÃO: 14/02/2023
 Consulte pela Chave de Acesso em:
<https://dfe-portal.svrs.rs.gov.br/NF3E/Consulta>
 chave de acesso:
 2123020627279300018466000381632102024240183
 Protocolo de autorização: 3212300004059730 -
 14/02/2023 às 20:35:47

INFORMAÇÕES PARA O CLIENTE
• Períodos: Band. Tarif.: Verde - 17/01 - 14/02

Itens de Fatura	Quant.	Preço Unit.(R\$) com Tributos	Tarifa Unit.(R\$)	PIS/COFINS(R\$)	ICMS (R\$)	Valor(R\$)	Tributo	Base(R\$)	Alíquota(%)	Valor(R\$)
Consumo (kWh)	138	0,844420	0,650900	5,75	20,97	116,53	ICMS	116,53	18,0000	20,97
ITENS FINANCEIROS										
Cip-Ilum Pub Pref Munic						18,11				
Multa						2,57				
Correção Monetária						0,26				
Juros						0,42				

C O N S U M O k W h	FEV/22	141
	MAR/22	141
	ABR/22	110
	MAI/22	101
	JUN/22	26
	JUL/22	52
	AGO/22	196
	SET/22	195
	OUT/22	181
	NOV/22	181
DEZ/22	200	
JAN/23	159	
FEV/23	138	

Medidor	Grandeza	Posto Horário	Leitura Anterior	Leitura Atual	Const. Medidor	Consumo	Reservado ao Fisco				
12521380761	Consumo	ATIVO TOTAL	14.748	14.886	1,00	138 kWh	E1D2.434F.D7AC.9BCF.F0E0.EBF2.69D7.92D6				
							Resolução ANEEL	Apresentação	Nº do Programa Social		
							3102/22	14/02/2023			

REAVISO DE VENCIMENTO

CENTRAL DE ATENDIMENTO LIGUE GRÁTIS 116 ATENDIMENTO GRATUITO 24h Atendimento em português, espanhol e inglês @equatorialma @equatorialma @equatorialma	Ouvridoria Equatorial: 0800 286 9803 Líquia gratuita de telefonia fixa e móvel, de segunda a sexta das 8h às 20h e sáb das 10h às 18h Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) 167 Ligue gratuitamente em todo Brasil
DIREITOS É direito do consumidor da central gestora de solicitar à distribuidora o detalhamento de operação dos indicadores DIC, IC, DNEC e DCEM a qualquer tempo. É direito do consumidor da central gestora de receber uma compensação, caso sejam violados os limites de continuidade individual relativos à unidade consumidora ou central gestora.	

Conte com os nossos canais digitais e resolva tudo sem sair de casa, conheça:	O nosso Whatsapp, e fale com a Clara, para: • Informar falta de energia • Pedir a segunda via da fatura • Cadastro de Tarifa Social Baixa Renda (98) 2055-0116	E acesse o nosso site e baixe o nosso app, para: • Solicitar troca de titularidade • Solicitar religação • Informar falta de energia equatorialenergia.com.br
--	--	---

Nome do Cliente:
WAGNER VAZ DE SOUSA

C.C.:
3009196438

Unidade de Leitura:
BL09B013

Competência:
02/2023

Vencimento:

Valor cobrado (R\$):
137,89

FATURA ARRECADADA - NÃO RECEBER