



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO: ECOSOL ENGENHARIA

Henrique Franklin Brazil da Silva

Campina Grande - PB
Julho de 2024

HENRIQUE FRANKLIN BRAZIL DA SILVA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO: ECOSOL ENGENHARIA

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Célio Anésio da Silva

Campina Grande - PB
Julho de 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ESTÁGIO INTEGRADO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO: ECOSOL ENGENHARIA

Henrique Franklin Brazil da Silva
Discente

Prof. Dr. Célio Anésio da Silva
Orientador

Prof. Dr. Ronimack Trajano de Souza
Avaliador

Campina Grande - PB
Julho de 2024

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Deus pela oportunidade de cursar uma Universidade Federal e ser o primeiro da minha linhagem a se formar Engenheiro, quero agradecer a minha família por proporcionar o suporte financeiro e emocional que me permitiu viver esta magnífica experiência da vida universitária, lugar onde transformou um menino sonhador em um homem.

Quero agradecer em especial a minha mãe, Jane Brazil, a maior de todas, meu exemplo de vida e de dedicação no dia a dia, desde sempre juntos, apoiou minhas decisões e me aconselhou nos momentos difíceis, me instruiu e me guiou, nos momentos felizes comemorou comigo, me educou, forneceu suporte financeiro e emocional de forma a ser um personagem crucial nessa trajetória. Agradeço a minha bisavó Djanete Brazil *in memoriam* por me dar como herança este sobrenome forte, por toda criação, educação e exemplo, agradeço também a minha avó Leni de Oliveira pelo suporte financeiro importantíssimo. Agradeço a minha irmã Beatriz por me ajudar a aprender a partilhar, a minha namorada Eduarda, meu pai Junior Agostinho pelo apoio e a toda minha família (especialmente tia Fabiana, tio Fabiano e tia Vera). Agradeço aos bons amigos que construí pela vida universitária, sem vocês este momento não seria possível, dividimos experiências e compartilhamos conhecimento, aprendi a ser generoso e menos individualista, aprendi a respeitar a opinião alheia e seus costumes.

Agradeço a Ecosol e o engenheiro Everaldo Júnior pela oportunidade, vivência e toda experiência do estágio, agradeço também a toda comunidade da UFCG e ao Departamento de Engenharia Elétrica, ao corpo docente principalmente o professor Célio Anésio da Silva e aos funcionários Adail e Tchaikowski por todo suporte, compreensão e esforço para tornar meu sonho possível. Por fim, agradeço também ao povo paraibano e a cidade de Campina Grande por sempre me receber de braços abertos e proporcionar ótima estadia nos 6 anos vividos.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo descrever as principais atividades realizadas pelo aluno Henrique Franklin Brazil da Silva durante o estágio integrado realizado na empresa Ecosol Engenharia Comercio e Serviços LTDA, localizada no município de Itaporanga/PB, com vigência no período de 06 de março de 2024 a 05 de julho de 2024, com carga horária de 40 horas semanais, totalizando 697 horas sob orientação do professor Dr. Célio Anésio da Silva e supervisão do engenheiro eletricitista e proprietário da empresa Everaldo Deocleciano da Silva Júnior. As principais atividades desenvolvidas foram: Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos de energia seguindo as normas técnicas vigentes, realização de projeto elétrico, além da homologação dos sistemas junto à concessionária Energisa Paraíba, vistoria em projetos executados pela Ecosol e parametrização do inversor GoodWe GW6000-DNS-30.

Palavras-chave: Estágio Integrado. Sistemas Fotovoltaicos. Projetos Elétricos. Ecosol Engenharia.

Abstract

This work aims to describe the main activities carried out by the student Henrique Franklin Brazil da Silva during the integrated internship carried out at the company Ecosol Engenharia Comercio e Serviços LTDA, located in the municipality of Itaporanga/PB, effective from March 6, 2024 to July 5, 2024, with a workload of 40 hours per week, totaling 697 hours under the guidance of Professor Dr. Célio Anésio da Silva and supervision of the electrical engineer and owner of the company Everaldo Deocleciano da Silva Júnior. The main activities developed were: Dimensioning of photovoltaic energy systems following current technical standards, carrying out an electrical project, in addition to the approval of the systems with the concessionaire Energisa Paraíba, inspection of projects executed by Ecosol and parameterization of inverter GoodWe GW6000-DNS-30.

Keywords: Integrated Internship. Photovoltaic Systems. Electric projects. Ecosol Engenharia.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Esquema de funcionamento da geração de energia solar fotovoltaica.	12
Figura 2 – Característica de I-V da célula fotovoltaica para diferentes valores de radiação solar.	13
Figura 3 – Sistema Fotovoltaico <i>on-grid</i>	15
Figura 4 – Componentes do módulo solar.	16
Figura 5 – Curva característica do MPPT.	16
Figura 6 – (a) Curva I-V de dois módulos fotovoltaicos conectadas em paralelo e (b) Diagrama unifilar de N módulos fotovoltaicos conectadas em paralelo.	18
Figura 7 – (a) Curva I-V de dois módulos fotovoltaicos conectadas em série e (b) Diagrama unifilar de N módulos fotovoltaicos conectadas em série.	18
Figura 8 – Inversor Solis 5G Series.	19
Figura 9 – Possível forma de onda de saída de um inversor PWM.	20
Figura 10 – Diferentes configurações de <i>string box</i> CC.	22
Figura 11 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 1.	30
Figura 12 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 1.	32
Figura 13 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 2.	33
Figura 14 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 2.	35
Figura 15 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 3.	36
Figura 16 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 3.	38
Figura 17 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 4.	40
Figura 18 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 4.	42
Figura 19 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 5.	43
Figura 20 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 5.	44
Figura 21 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 6.	46
Figura 22 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 6.	48
Figura 23 – Visita técnica em sistema de geração instalado pela Ecosol em Conceição, PB.	49
Figura 24 – Circuito de proteção CA em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Conceição, PB.	49
Figura 25 – Inversores e circuito de proteção CA em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Conceição, PB.	50
Figura 26 – Procedimento de conexão a rede WiFi para o inversor GoodWe GW6000-DNS-30 em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Diamante, PB.	51
Figura 27 – Especificações do inversor GoodWe GW6000-DNS-30 em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Diamante, PB.	51
Figura 28 – Interface da plataforma Sems Portal utilizada na configuração do inversor GoodWe GW6000-DNS-30.	52
Figura 29 – Inversor, circuito de proteção e medidor com placa de sinalização em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Diamante, PB.	53

Lista de Quadros

Quadro 1 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 1.	29
Quadro 2 – Especificações do módulo fotovoltaico MFVHO-MO-144-550W da BELE- ENERGY.	30
Quadro 3 – Especificações do inversor SAJ R6-10K-S3.	30
Quadro 4 – Especificações dos componentes do Projeto 1.	31
Quadro 5 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 1.	32
Quadro 6 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 2.	32
Quadro 7 – Especificações do módulo fotovoltaico JKM570N-72HL4-BDV da JINKO SOLAR.	33
Quadro 8 – Especificações do inversor SOLIS S5-GC30K-LV.	34
Quadro 9 – Especificações dos componentes do Projeto 2.	34
Quadro 10 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 2.	35
Quadro 11 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 3.	36
Quadro 12 – Especificações do módulo fotovoltaico TS560S8B-144 da TSUN.	36
Quadro 13 – Especificações do inversor DEYE SUN33K-G.	37
Quadro 14 – Especificações dos componentes do Projeto 3.	37
Quadro 15 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 3.	38
Quadro 16 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 4.	39
Quadro 17 – Especificações do módulo fotovoltaico CHSM72M-HC-570 da ASTRONERGY.	39
Quadro 18 – Especificações do inversor DEYE SUN8K-G.	40
Quadro 19 – Especificações dos componentes do Projeto 4.	41
Quadro 20 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 4.	41
Quadro 21 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 5.	42
Quadro 22 – Especificações do módulo fotovoltaico TS560S8B-144 da TSUN.	43
Quadro 23 – Especificações do inversor DEYE SUN8K-G.	43
Quadro 24 – Especificações dos componentes do Projeto 5.	44
Quadro 25 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 5.	45
Quadro 26 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 6.	45
Quadro 27 – Especificações do módulo fotovoltaico TS560S8B-144 da TSUN.	46
Quadro 28 – Especificações do inversor SAJ R5-6K-S2-15.	47
Quadro 29 – Especificações dos componentes do Projeto 6.	47
Quadro 30 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 6.	48
Quadro 31 – Ajustes recomendados das proteções para inversores em sistemas de geração distribuída na rede da Energisa.	53

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFCI	Interrupção Contra Arco Elétrico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
DPS	Dispositivos de Proteção contra Surtos
FV	Fotovoltaico
I	Corrente
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
MPP	Ponto de Máxima Potência
MPPT	Rastreamento do Ponto de Máxima Potência
NBR	Norma Brasileira
P	Potência
PWM	Modulação por Largura de Pulso
QGD	Quadro Geral de Distribuição
SFCR	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
SFI	Sistemas Fotovoltaicos Isolados
UC	Unidade Consumidora
V	Tensão

Sumário

1	Introdução	11
1.1	Objetivos	11
1.2	Estrutura do Relatório	11
2	A Empresa	12
3	Fundamentação Teórica	12
3.1	Energia Solar Fotovoltaica	12
3.1.1	Irradiação Solar	13
3.2	Sistemas Fotovoltaicos	14
3.2.1	Sistemas <i>On-grid</i>	14
3.3	Componentes dos Sistemas Fotovoltaicos <i>On-grid</i>	15
3.3.1	Módulo Fotovoltaico	15
3.3.2	Associação dos Painéis Fotovoltaicos	17
3.3.3	Inversor de Frequência	19
3.3.4	Interrupção Contra Arco Elétrico - AFCI	20
3.3.5	<i>String box</i>	21
3.4	Normas e Regulamentações	22
3.4.1	Resolução Normativa ANEEL N° 482/2012	22
3.4.2	Resolução Normativa ANEEL N° 687/2015	23
3.4.3	Resolução Normativa ANEEL N° 1059/2023	23
3.4.4	ABNT NBR 5410:2004	24
3.4.5	ABNT NBR 16690:2019	24
3.4.6	Norma de Distribuição Unificada 001 - Energisa	24
3.4.7	Norma de Distribuição Unificada 013 - Energisa	25
4	Atividades Desenvolvidas	25
4.1	Treinamento	25
4.2	Projeto de Sistemas Fotovoltaicos	25
4.2.1	Projeto 1	29
4.2.2	Projeto 2	32
4.2.3	Projeto 3	35
4.2.4	Projeto 4	39
4.2.5	Projeto 5	42
4.2.6	Projeto 6	45
4.3	Visitas Técnicas	48
4.4	Parametrização do Inversor GoodWe GW6000-DNS-30	50
5	Considerações Finais	53
	Referências	55
	Anexos	57
	ANEXO A Formulário de Solicitação de Orçamento de Conexão - Energisa	58
	ANEXO B Memorial Descritivo de Geração Distribuída - Energisa	60
	ANEXO C Padrão de entrada e sinalização de advertência - Detalhe	61
	ANEXO D Exemplo de uma Proposta Comercial da Ecosol	62

1 Introdução

O presente relatório visa documentar as atividades realizadas durante o estágio integrado pelo aluno Henrique Franklin Brazil da Silva para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrotécnica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O estágio foi realizado na empresa Ecosol Engenharia, localizada na cidade de Itaporanga/PB, com a orientação do professor Célio Anésio da Silva e supervisão do engenheiro eletricista Everaldo Deocleciano da Silva Júnior. O estágio teve uma duração de quatro meses, com vigência de 6 de março de 2024 a 5 de julho de 2024, totalizando uma carga horária de 697 horas.

A principal atividade da empresa Ecosol Engenharia é dimensionamento, projeto e execução de sistemas fotovoltaicos. Com isso, as atividades realizadas durante o estágio foram voltadas para o dimensionamento de projetos de sistemas fotovoltaicos, elaboração do layout dos projetos, preenchimento de memorial descritivo e documentação necessária para homologação pela concessionária de energia, bem como visitas técnicas e parametrização de inversores.

1.1 Objetivos

O objetivo principal do estágio foi aprofundar os conhecimentos sobre a energia fotovoltaica, desde os princípios básicos até a aplicação prática em sistemas de geração distribuída, apresentar os métodos e normas para o correto dimensionamento de um sistema fotovoltaico e a descrição das atividades desenvolvidas durante a realização do estágio. Os objetivos específicos incluem:

- Compreender o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos;
- Compreender as normas e regulamentações para sistemas de geração distribuída;
- Projetar sistemas fotovoltaicos de energia seguindo as normas técnicas vigentes;
- Realizar homologação dos sistemas junto à concessionária Energisa Paraíba;
- Realizar visita técnica nos locais de instalação de sistemas fotovoltaicos executados pela Ecosol;
- Parametrizar o inversor GoodWe GW6000-DNS-30.

1.2 Estrutura do Relatório

De forma sucinta, a Seção 1, contém a introdução ao relatório, seus objetivos e estrutura de organização.

Na Seção 2, é apresentada a empresa Ecosol Engenharia, onde foi realizado o estágio.

Na Seção 3, será feita uma breve revisão da literatura a respeito da energia solar, os sistemas fotovoltaicos e seus componentes, assim como as normas técnicas que regem as diretrizes no âmbito local e nacional.

Na Seção 4, serão apresentadas as atividades realizadas durante a vigência do estágio junto à empresa Ecosol Engenharia, além das visitas técnicas realizadas pelo estagiário em instalações executadas pela Ecosol e parametrização do inversor GoodWe GW6000-DNS-30.

Por fim, na Seção 5 apresenta as considerações finais sobre a realização do Estágio Integrado.

2 A Empresa

O estágio foi realizado na Ecosol Engenharia Comercio e Serviços LTDA, localizada na Rua Crisanto Pereira - Centro, Itaporanga - PB, sob CNPJ 44.355.909/0001-38. Fundada em 2022 pelo engenheiro eletricista Everaldo Deocleciano da Silva Júnior. A empresa tem como atividade principal a instalação de sistemas fotovoltaicos, também realiza o monitoramento e manutenção de sistemas já existentes e executa projetos elétricos de baixa tensão. Tem área de atuação focada no sertão da Paraíba, abrangendo cidades como Itaporanga, Conceição, Diamante, Ibiara, Santana dos Garrotes, Boa Ventura, entre outras. A empresa basicamente é composta pelos setores: Engenharia, Comercial e Financeiro; Execução e Manutenção de Projetos.

O setor de Engenharia, Comercial e Financeiro é responsável pelas vendas, relação com os clientes e as finanças da empresa, realiza orçamentos e auxilia o cliente a respeito do financiamento do projeto. Este setor também é responsável pela elaboração, dimensionamento e submissão dos projetos fotovoltaicos junto à concessionária, além de visitas técnicas nas obras. O aluno fez parte deste setor durante a vigência do estágio, sob supervisão do engenheiro eletricista Everaldo Júnior. O setor de Execução e Manutenção de Projetos realiza a instalação de sistemas fotovoltaicos e à infraestrutura necessária para tal, realiza também manutenção em sistemas pré-existentes e executa projetos elétricos de baixa tensão. A composição desse setor varia de acordo com a complexidade do projeto, no entanto, geralmente tem-se: 1 supervisor de instalação, 1 auxiliar de instalação, 2 eletricistas, 1 serralheiro e 1 auxiliar de serralheiro.

Para assertivo cumprimento das atividades solicitadas ao estagiário, foi necessário entender inicialmente a energia solar, suas características, os sistemas fotovoltaicos, seus componentes e funcionamento. Com isso, o próximo Capítulo tem como objetivo realizar uma breve revisão da literatura a respeito da Energia Solar Fotovoltaica.

3 Fundamentação Teórica

3.1 Energia Solar Fotovoltaica

O sol é uma enorme esfera de gases que emite luz e energia em direção à terra, essa energia é chamada de irradiância solar e pode ser medida na faixa de comprimento de onda de um dispositivo de medição. As unidades utilizadas para medir este parâmetro são W/m^2 (Watt por metro quadrado) e representa a energia radiante emitida integrada durante um tempo especificado. As células solares fotovoltaicas captam diretamente a irradiância gerada e a convertem em energia elétrica, e esse fenômeno é conhecido como efeito fotovoltaico. Na [Figura 1](#) apresenta-se de forma simplificada o esquema da geração de energia solar fotovoltaica.

Figura 1 – Esquema de funcionamento da geração de energia solar fotovoltaica.



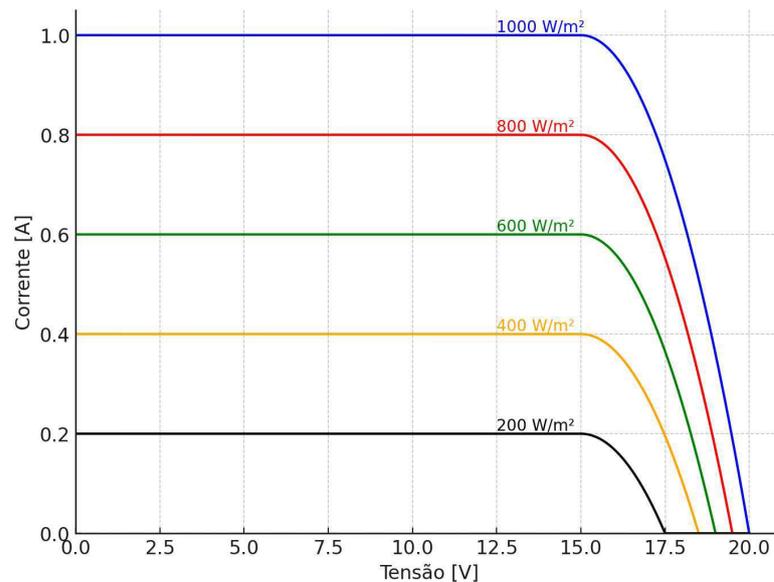
Fonte: Adaptado de Google Imagens.

O mecanismo de funcionamento das células solares fotovoltaicas é relativamente simples: um semicondutor como o silício é combinado junto a um metal ou outro semicondutor. À medida que a luz solar atinge a junção entre eles, os elétrons obtêm energia suficiente para serem ativados e liberados do semicondutor, movendo-se assim para o outro lado em uma direção, resultando em uma pequena tensão elétrica na célula. Energia solar é o termo para a tensão proveniente da irradiância solar. Seu fluxo em relação ao tempo é um dos principais parâmetros no dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, a seguir esse parâmetro denominado irradiação solar será descrito.

3.1.1 Irradiação Solar

A irradiação solar é definida como o fluxo instantâneo de energia radiante que incide sobre uma superfície por unidade de área ao longo do tempo, expresso em Wh/m^2 (Watt-hora por metro quadrado). A irradiação solar incidente em um módulo fotovoltaico tem impacto direto sobre a corrente produzida por ele. Conforme ilustrado na [Figura 2](#), observa-se que, quanto maior o nível da irradiação solar, maior será a corrente fornecida pelo módulo. Essas variações na irradiação solar alteram o ponto de máxima potência do módulo, afetando assim a eficiência na extração da energia máxima que pode ser obtida ([WOLLZ, 2020](#)).

Figura 2 – Característica de I-V da célula fotovoltaica para diferentes valores de radiação solar.



Fonte: [Wollz \(2020\)](#)

A radiação solar no planeta apresenta variações ao longo do ano devido à inclinação da Terra em relação ao Sol, que define a duração do dia e da noite, bem como as estações do ano. Essas variações são mais intensas ao meio-dia solar e mínimas à noite, em condições de céu limpo. Além disso, a incidência solar pode alterar-se diariamente devido a fatores como a cobertura de nuvens, e essas flutuações diferem conforme a localidade ([LEMOS, 2022](#)).

De acordo com o [PINHO e GALDINO \(2014\)](#) para se dimensionar um sistema gerador fotovoltaico, deve-se levantar o consumo médio diário anual da edificação (Wh/dia) descontado o valor da disponibilidade mínima de energia. Este dado pode ser calculado pelo histórico de faturas mensais de consumo de energia elétrica emitidas pela distribuidora local. A potência do sistema microgerador em Wp pode ser dado pela [Equação 1](#), onde se pode escolher uma fração da demanda de energia elétrica consumida que se pretende suprir.

$$P = \frac{E}{TD \cdot HSP} \quad (1)$$

Sendo,

- P (Wp): potência de pico dos painéis fotovoltaicos;
- E (Wh/dia): consumo diário médio anual da edificação ou fração desse;
- TD (Adimensional): taxa de desempenho;
- HSP (h/dia): média diária anual das horas de sol pleno incidente no plano dos painéis fotovoltaicos.

Como citado anteriormente a irradiação solar é um parâmetro essencial no dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, a seção seguinte visa descrever de forma sucinta as definições e características desses sistemas.

3.2 Sistemas Fotovoltaicos

Um sistema fotovoltaico típico é formado por módulos fotovoltaicos acompanhados de um mecanismo de orientação que garante que o módulo esteja sempre posicionado de forma otimizada em relação ao sol. O inversor CC/CA é outro componente essencial nos sistemas FV, visto que, o módulo fotovoltaico se comporta com uma fonte que gera corrente contínua. Além desses componentes essenciais, muitos sistemas fotovoltaicos também incluem bancos de baterias, que ajudam a minimizar o consumo de energia elétrica da rede quando a produção do sistema é superior à demanda. Existem dois tipos principais de sistemas fotovoltaicos: os autônomos (do inglês *off-grid*) e os conectados à rede (do inglês *on-grid*) (KHAH et al., 2023). Os projetos elaborados durante o estágio se limitaram aos sistemas *on-grid* que serão descritos a seguir.

3.2.1 Sistemas *On-grid*

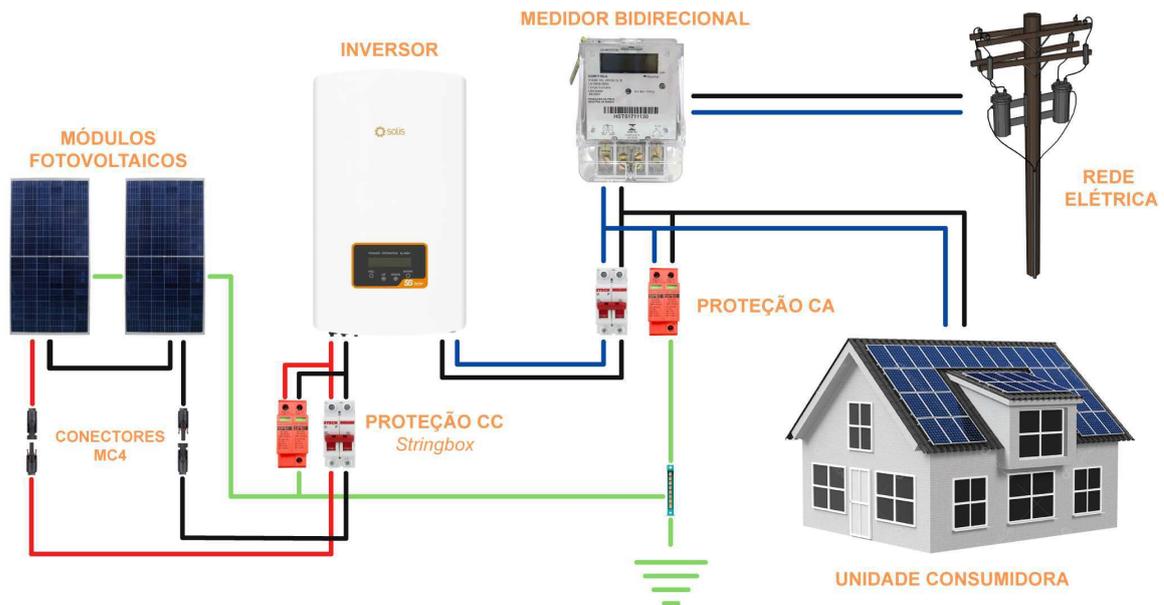
Os sistemas fotovoltaicos *on-grid* são conectados à rede elétrica através de medidores bidirecionais. Esses sistemas geram energia elétrica na mesma frequência, fase e amplitude da rede da concessionária. Quando a geração supera a necessidade de energia da unidade consumidora (UC), o excedente produzido durante o dia é injetado na rede da concessionária, no entanto, devido a sazonalidade da geração, a UC pode utilizar a energia elétrica da rede durante a noite ou em momentos no qual o sistema não está gerando potência suficiente para suprir a demanda do local. Com isso, por utilizar a rede da concessionária quando necessário, a UC tem um custo pela disponibilidade do sistema que depende da demanda da carga instalada, também são inclusos o custo de iluminação pública e o ICMS em caso de compensação (LEMOS, 2022; SOUZA, 2021).

Os sistemas *on-grid* são compostos principalmente por módulo fotovoltaico e inversor. A ausência de baterias é a principal diferença em relação a outros tipos de sistemas, com isso tem seu custo reduzido cerca de 30% em relação ao sistema *off-grid*. Uma característica marcante desse sistema é que, quando não há tensão na rede da concessionária, o inversor desliga automaticamente o sistema para evitar o ilhamento. O ilhamento ocorre quando parte da rede elétrica é desconectada do sistema, mas ainda continua energizada, funcionando como um sistema isolado (LEMOS, 2022; URBANETZ, 2010). Segundo Karthikeyan et al. (2017) no sistema *on-grid*, o inversor atua como um controlador *shunt*, fornecendo tensão a rede e realizando a compensação de carga ao mitigar os efeitos das harmônicas de carga e da potência reativa no sistema de distribuição.

Na Figura 3 apresenta-se o esquema de funcionamento do sistema *on-grid*. Em suma, os módulos fotovoltaicos se comportam como uma fonte de corrente contínua, assim, seguindo

as determinações técnicas vigentes deve-se adicionar um circuito de proteção CC ao sistema utilizando geralmente Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) e disjuntores CC, como a rede de distribuição é estabelecida em CA deve ser utilizado um inversor de frequência para realizar a conversão CC-CA, a energia CA proveniente da conversão necessita também de um circuito de proteção, nesse caso são utilizados DPS e disjuntores CA. Por fim, a energia gerada é conectada a um medidor bidirecional que realiza a conexão do sistema com a rede da concessionária e alimenta a demanda da UC.

Figura 3 – Sistema Fotovoltaico *on-grid*.



Fonte: Próprio Autor.

3.3 Componentes dos Sistemas Fotovoltaicos *On-grid*

Como supramencionado os projetos elaborados durante a vigência do estágio se limitaram aos sistemas *on-grid*, dessa forma, esta seção visa detalhar os componentes principais dos sistemas conectados à rede: módulos fotovoltaicos, inversor e os circuitos de proteção.

3.3.1 Módulo Fotovoltaico

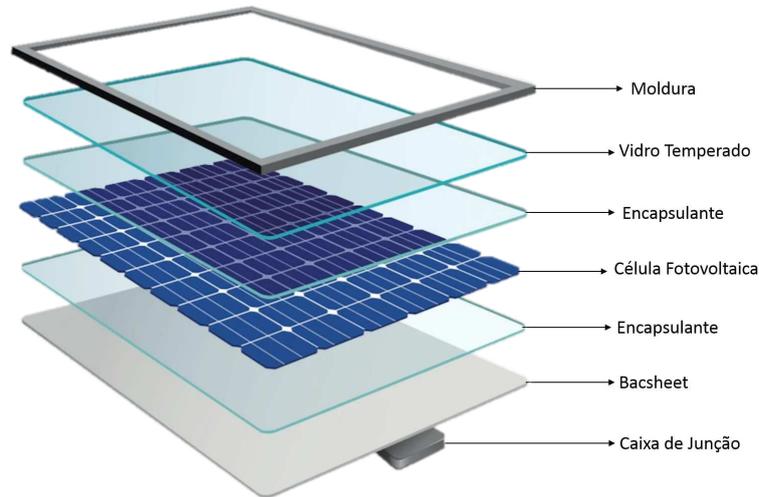
O módulo fotovoltaico é um conjunto de células fotovoltaicas encapsuladas e protegidas, projetado para converter a irradiação solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. As células dentro de um módulo são dispositivos semicondutores, comumente fabricados a partir de silício cristalino, que produzem corrente contínua quando expostas à luz solar (NREL, 2021; IRENA, 2021).

As células fotovoltaicas geram uma tensão em seus terminais de aproximadamente 0,6 V. O módulo é organizado em uma matriz de células conectadas em série e/ou paralelo para atingir as especificações desejadas de tensão e corrente. Essas células são predominantemente constituídas de silício, disponível nas formas monocristalina ou policristalina, escolhidas de acordo com o equilíbrio entre custo e eficiência operacional (IRENA, 2021).

Uma camada superior de vidro temperado de alta transmissão é utilizada para proteger as células solares contra elementos externos como chuva e detritos, ao mesmo tempo que maximiza a entrada de luz solar. Envoltas neste vidro, as células são encapsuladas com EVA, um material que oferece isolamento elétrico e proteção mecânica, mantendo a integridade estrutural do módulo. A parte traseira do módulo é fechada com uma camada protetora, geralmente feita de um polímero

durável, para prevenir danos por umidade e desgaste físico. Uma caixa de junção anexada ao verso facilita a integração do módulo com outros painéis e com o sistema mais amplo, incluindo o inversor. Finalizando a estrutura, um quadro de alumínio confere rigidez ao módulo e facilita sua montagem e instalação em diversos tipos de suportes (NREL, 2021; SEIA, 2021; IRENA, 2021). Na Figura 4 detalha-se a estrutura de um módulo solar, especificamente desenvolvido para maximizar a eficiência na conversão da radiação solar em energia elétrica.

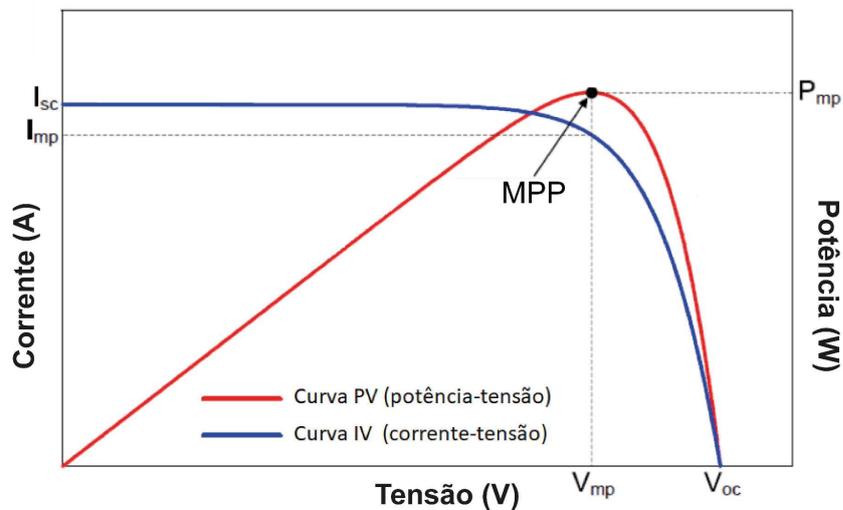
Figura 4 – Componentes do módulo solar.



Fonte: Agroalimentando (2019).¹

Um parâmetro fundamental para o correto dimensionamento do projeto fotovoltaico é a análise da curva característica (vista na Figura 5) dos módulos fotovoltaicos, pois a curva I-V possibilita verificar o comportamento da corrente em relação a elevação da tensão de saída do módulo FV, e a curva P-V onde é possível determinar o ponto que o módulo FV opera na sua máxima potência, permitindo ajustes para melhorar a eficiência do sistema.

Figura 5 – Curva característica do MPPT.



Fonte: Adaptado de Canal Solar (2019).²

¹Disponível em: <<http://blog.minhacasasolar.com.br/como-e-feito-um-módulo-solar/>>. Acesso em: 29 de maio de 2024.

²Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/inversores-com-multiplos-mppt/>>. Acesso em: 30 de maio de 2024.

Sendo,

- **Isc** – Corrente de curto-circuito: é a máxima corrente elétrica fornecida pelo módulo quando os terminais se encontram em curto circuito;
- **Voc** – Tensão de circuito aberto: é a máxima tensão fornecida pelo módulo quando há ausência de carga;
- **Imp** – Corrente de máxima potência: é a corrente que o módulo fornece quando opera no seu ponto de máxima potência;
- **Vmp** – Tensão de máxima potência: é a tensão que o módulo opera no seu ponto de máxima potência;
- **Pmp** – Potência máxima de pico: é a potência de pico do módulo fotovoltaico;
- **MPP** – É o ponto de máxima potência do módulo fotovoltaico, sob condição determinada.

O funcionamento do módulo solar se baseia no efeito fotovoltaico, onde a irradiação solar é convertida em energia elétrica. A luz solar atinge as células e os fótons presentes na luz solar são absorvidos pelo silício, liberando elétrons que são coletados por campos elétricos criados nos semicondutores, gerando assim corrente elétrica CC, sendo necessário a utilização de um inversor CC/CA para uso em aplicações domésticas ou conexão à rede elétrica (WEF, 2022).

Como citado anteriormente, os painéis fotovoltaicos podem ser utilizados individualmente ou conectados entre si (em série ou paralelo) para formar um conjunto de painéis que produz quantidades muito maiores de eletricidade, a próxima seção descreve essas possíveis conexões.

3.3.2 Associação dos Painéis Fotovoltaicos

Dispositivos fotovoltaicos podem ser associados em série e/ou paralelo, de forma a obter maiores níveis de tensão ou de corrente contínua nos sistemas fotovoltaicos. Em sistemas *on-grid*, a escolha é feita baseada na característica do inversor selecionado para o projeto, e em sistemas *off-grid*, em função do controlador de carga. O conjunto de células fotovoltaicas formam o módulo fotovoltaico; módulos fotovoltaicos associados em série são chamados de *string*; o conjunto total de strings em um projeto é denominado arranjo fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014).

As tensões, correntes e potências de entrada requeridas pelos inversores geralmente excedem os níveis produzidos por painéis fotovoltaicos individuais. Dessa forma, associar múltiplos painéis para alcançar os níveis mínimos de potência necessários para iniciar os inversores é a solução mais utilizada. Além disso, essa associação permite conectar um número significativamente maior de painéis a um único inversor, otimizando o aproveitamento do sistema e a eficiência da conversão de energia (SOUZA, 2021). A associação dos painéis segue as leis de Kirchhoff para os circuitos elétricos, a seguir serão apresentados os tipos de associação de painéis FV.

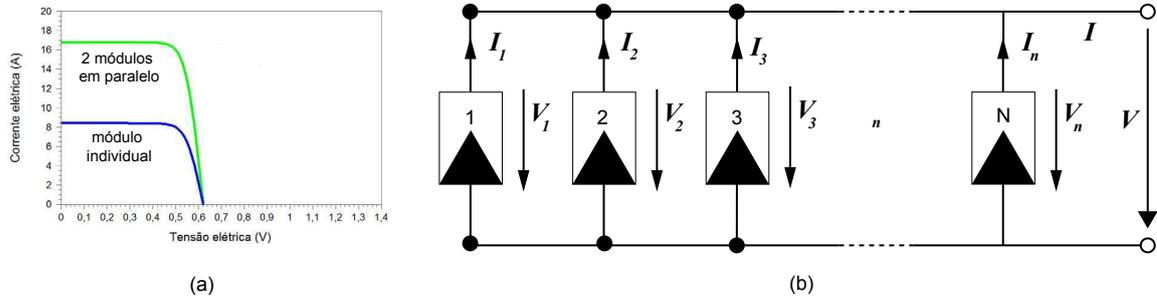
Segundo PINHO e GALDINO (2014) na associação em paralelo, os terminais positivos são ligados por um único condutor e todos os terminais negativos ligados por outro condutor. Isso resulta na soma das correntes de cada dispositivo, mantendo a tensão de saída igual à tensão de um único módulo. As correntes elétricas são somadas, permanecendo inalterada a tensão. Ou seja:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (2)$$

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad (3)$$

Na [Figura 6](#) ilustra-se a característica I-V de dois módulos fotovoltaicos conectadas em paralelo e também o diagrama unifilar de N módulos fotovoltaicos conectadas em paralelo. Esta configuração é particularmente útil quando se deseja aumentar a capacidade de corrente de um sistema sem alterar a tensão fornecida.

Figura 6 – (a) Curva I-V de dois módulos fotovoltaicos conectadas em paralelo e (b) Diagrama unifilar de N módulos fotovoltaicos conectadas em paralelo.



Fonte: Adaptado de (PINHO; GALDINO, 2014).

Ao conectar os módulos em paralelo, as correntes são somadas e a tensão é mantida, assim, necessita-se de uma certa quantidade de módulos para que a corrente de saída esteja na faixa desejada. A conexão de painéis em paralelo resulta na soma das correntes de cada *string*, aumentando a potência total do sistema. Contudo, esse tipo de configuração geralmente é evitado em sistemas conectados à rede elétrica, exceto em situações onde a tensão de entrada do inversor é baixa no lado CC (LOSSIO, 2015).

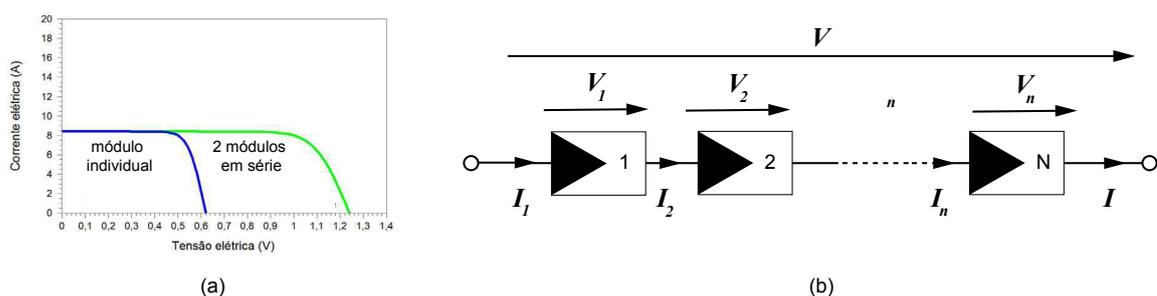
Na conexão em série, o terminal positivo de um dispositivo fotovoltaico é conectado ao terminal negativo do outro dispositivo, e assim por diante. Para dispositivos idênticos e submetidos as mesmas condições de irradiância e temperatura, quando a ligação é em série, as tensões são somadas e a corrente elétrica não é afetada, ou seja:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (4)$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (5)$$

Na [Figura 7](#) ilustra-se a curva característica I-V de dois módulos fotovoltaicos conectadas em série e também o diagrama unifilar de N módulos fotovoltaicos conectadas em série. No caso de se associarem os dispositivos em série com diferentes correntes de curto-circuito, a corrente elétrica da associação será limitada pela menor corrente. Entretanto, a associação de módulos de correntes diferentes não é recomendada na prática, pois pode causar superaquecimento.

Figura 7 – (a) Curva I-V de dois módulos fotovoltaicos conectadas em série e (b) Diagrama unifilar de N módulos fotovoltaicos conectadas em série.



Fonte: Adaptado de (PINHO; GALDINO, 2014).

Na conexão em série, o correto dimensionamento do arranjo é fundamental para o sistema fotovoltaico, pois a tensão total aplicada aos terminais de entrada do inversor é determinada pela soma das tensões individuais dos módulos na *string*. A escolha apropriada de um inversor depende de sua capacidade de suportar essa tensão acumulada, a seção a seguir descreve os inversores e suas características.

3.3.3 Inversor de Frequência

De forma geral, os inversores são responsáveis pela conversão da potência de corrente contínua para corrente alternada. Isso ocorre porque os módulos solares geram tensão em CC, mas, quando conectados à rede de distribuição, o sistema fotovoltaico precisa fornecer a tensão no mesmo nível e formato da rede CA. Em outras palavras, o princípio de funcionamento dos inversores baseia-se na conversão da energia elétrica de CC para CA, permitindo a conexão de equipamentos elétricos convencionais que operam em corrente alternada e atendem às especificações de saída do inversor. Portanto, o inversor (exemplificado na [Figura 8](#)) é de vital importância para sistemas fotovoltaicos que necessitam alimentar dispositivos em tensão alternada e também representa uma parte significativa dos custos de um sistema fotovoltaico ([OLIVEIRA, 2022](#)).

Figura 8 – Inversor Solis 5G Series.



Fonte: Próprio Autor.

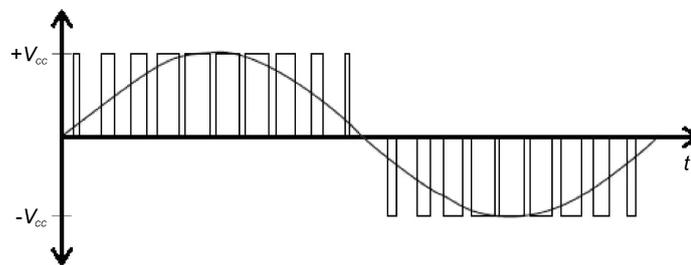
Existe uma grande variedade de tipos de inversores e suas aplicações. Com relação aos sistemas fotovoltaicos, dependendo da aplicação (*on-grid* ou *off-grid*), os inversores podem ser classificados em duas categorias: Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFI) e Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR). Ambos operam com os mesmos princípios gerais. No entanto, possuem características específicas para atender às exigências das concessionárias de distribuição em termos de segurança e qualidade da energia injetada na rede. De modo geral, inversores para conexão à rede com potências de até 5 kW têm saída monofásica. A partir dessa potência geralmente se utiliza inversores com saída trifásica, ou inversores monofásicos em associação trifásica ([PINHO; GALDINO, 2014](#)).

Os inversores modernos utilizados nos sistemas fotovoltaicos possuem uma funcionalidade denominada Rastreamento do Ponto de Máxima Potência (do inglês - *Maximum Power Point Tracking* - MPPT). O MPPT identifica o ponto máximo de corrente e tensão, extraindo a máxima potência produzida a partir dos painéis conectados ao sistema, analisando constantemente as modificações na curva característica I-V (vista na [Figura 5](#)). Essa técnica atua na eletrônica do inversor para manter a tensão correspondente à MPP, maximizando a transferência de potência e minimizando as perdas ([LEMONS, 2022; MEDEIROS, 2021](#)). Em suma, o MPPT é um algoritmo

implementado no controle do conversor CC-CC que faz a interface entre o módulo e o inversor seja em sistemas *off-grid* ou em sistemas *on-grid* (MORAES, 2014).

Segundo PINHO e GALDINO (2014) para realizar a conversão de CC para CA, os inversores modernos geralmente utilizam a estratégia de controle PWM (Modulação por Largura de Pulso). Essa técnica baseia-se no acionamento dos dispositivos de chaveamento a uma frequência constante, com um ciclo de trabalho que varia ao longo do semiciclo proporcionalmente ao valor instantâneo de um sinal de referência. Os pulsos começam estreitos quando a amplitude da senoide de referência é baixa e se alargam conforme o valor instantâneo da referência aumenta. Após passar por um filtro passa-baixa para remover as componentes harmônicas de alta frequência, o sinal de saída torna-se praticamente senoidal, conforme ilustrado nas formas de onda mostradas na Figura 9. Além disso, os inversores PWM apresentam elevada eficiência e excelente regulação da tensão de saída.

Figura 9 – Possível forma de onda de saída de um inversor PWM.



Fonte: Adaptado de Stroski (2019).³

A qualidade e o custo de um inversor de frequência são geralmente indicados pela forma da onda, que depende do método de conversão e filtragem usado para eliminar harmônicos indesejáveis. A eficiência de conversão também é um fator determinante da qualidade, variando conforme a potência demandada pela carga e o fator de potência. Embora fabricantes anunciem eficiência na carga nominal, a eficiência em cargas parciais, crucial para usuários com necessidades variáveis, costuma ser menor. Inversores podem ter limitações de potência em altas temperaturas e devem tolerar surtos de corrente, como na partida de motores elétricos, suportando potências de surto consideráveis por curtos períodos, a potência de surto suportada pelo equipamento varia inversamente com o tempo de duração do surto, como mencionado por PINHO e GALDINO (2014).

Ao especificar um inversor, deve-se considerar seu tipo (bateria, SFI ou SFCR) e parâmetros como: a tensão de entrada CC e a tensão de saída CA, faixa de variação de tensão aceitável, potência nominal, potência de surto, frequência, forma de onda e distorção harmônica, grau de proteção IP, condições ambientais e certificações, além do tempo de garantia desejado (PINHO; GALDINO, 2014). Para garantir o grau de proteção adequado os projetos fotovoltaicos geralmente se utiliza um componente denominado *string box* que será descrito na próxima seção.

3.3.4 Interrupção Contra Arco Elétrico - AFCI

O arco elétrico é o fluxo de corrente elétrica que flui através de um espaço de ar entre condutores quando há uma significativa diferença de potencial entre eles. Pode ocorrer em manobras no sistema, manutenção ou reparo ao desconectar-se condutores com o sistema ligado. Este fenômeno, converte o ar em plasma com temperaturas acima de 3000° C, é altamente perigoso e pode causar choques e incêndios. Os arcos são mais perigosos em corrente contínua, pois não há inversão de polaridade que ajude a extinguir o arco, diferentemente do que ocorre

³Disponível em: <<https://www.electricalibrary.com/2019/10/13/como-funciona-o-inversor-de-frequencia/>>. Acesso em: 4 de junho de 2024.

com a corrente alternada. Em sistemas fotovoltaicos, a presença de múltiplas conexões e arranjos de painéis em CC aumenta significativamente o risco de incidentes (General Electric, 2024).

Nos sistemas fotovoltaicos, os arcos elétricos podem ser desencadeados por uma série de fatores, muitos dos quais relacionados à qualidade da instalação e manutenção. Problemas como mau contato em condutores e conexões, desgaste e envelhecimento natural dos componentes, danos ou rupturas no isolamento dos condutores, e o uso de conectores CC de marcas ou modelos incompatíveis são contribuintes comuns. Outras questões incluem a não utilização de terminais adequados nos cabos CC, apertos incorretos em disjuntores e bornes, o uso de componentes de baixa qualidade e aterramento inadequado ou insuficiente (General Electric, 2024).

A Interrupção Contra Arco Elétrico (do inglês - *Arc Fault Circuit Interrupter* - *AFCI*), é um dispositivo de proteção que pode identificar e interromper arcos em série. Essa tecnologia permite que os inversores de última geração detectem com precisão arcos elétricos em suas fases iniciais, impedindo sua propagação. Isso não apenas protege o sistema elétrico, mas também resguarda as estruturas e as pessoas nas proximidades, contribuindo significativamente para a segurança do ambiente (SOPRANO, 2024).

Além da segurança, os AFCI's também podem aumentar a eficiência do sistema. Ao interromper rapidamente a corrente quando há um arco elétrico, os AFCI's ajudam a prolongar a vida útil dos equipamentos e a garantir que eles funcionem de maneira eficiente (General Electric, 2024). Segundo determinação do Inmetro, os inversores FV com tensão acima de 120 V e 20 A de corrente de entrada homologados no Brasil deverão contar com dispositivos AFCI a partir de dezembro de 2024.

3.3.5 *String box*

Segundo Vinturini (2019) a *string box* é o componente responsável pela proteção da parte CC do sistema fotovoltaico. Ela conecta os cabos vindos dos módulos fotovoltaicos ao inversor, enquanto fornece proteção contra sobretensão e sobrecorrente e permite o seccionamento do circuito. Os elementos que geralmente compõe uma *string box* são:

- Chaves de seccionamento: Utilizado para conexão e desconexão da parte CC do sistema fotovoltaico;
- Disjuntores: Protegem contra sobrecorrentes que possam causar danos aos componentes do sistema;
- Fusíveis: Atuam como dispositivos de proteção adicional contra sobrecorrentes;
- DPS: Responsável por proteger o inversor contra sobretensões vindas do circuito CC.

Todos essas componentes são montadas em um invólucro com grau de proteção IP55, vale salientar que o *string box* pode ter múltiplas entradas e saídas para acomodar as especificações do sistema, com isso a sua composição pode variar de acordo com o projeto. Na Figura 10 apresenta-se diferentes configurações de *string box* CC.

O *string box* geralmente é instalada próxima ao inversor, proporcionando fácil acesso para manutenção e proteção imediata. Em alguns casos, os inversores vêm com esses dispositivos de proteção integrados, eliminando a necessidade de uma *string box* separada, como mencionado por Lossio (2015). Existem ainda, alguns modelos de *string box* que incluem o circuito de proteção CA, nesses casos a saída CA do inversor retorna para a mesma *string box*, e através dos disjuntores e DPS, seguem para os circuitos de distribuição da UC.

⁴Disponível em: <<https://bit.ly/4dgSr0L>>, <<https://bit.ly/46ktrC>> e <<https://bit.ly/3Wfii2l>>. Acesso em: 13 de junho de 2024.

Figura 10 – Diferentes configurações de *string box* CC.



Fonte: Sunprop, PHB Solar e Energia Livre (2024).⁴

Vale salientar que com o avanço da tecnologia o uso da *string box* vai se tornando obsoleto, pois, os inversores modernos geralmente incluem um grau de proteção CC que atende as normas técnicas que regem os projetos fotovoltaicos. A próxima seção irá apresentar uma revisão da literatura sobre as normas vigentes no âmbito local pela Energisa/PB e no âmbito nacional pela ANEEL e ABNT.

3.4 Normas e Regulamentações

Embora a legislação brasileira permitisse a conexão de sistemas de geração à rede de distribuição das concessionárias, as normas envolvidas não eram adequadas para a geração de pequeno porte. Isso deixava muitos procedimentos a cargo das concessionárias, dificultando o acesso e desestimulando a utilização de sistemas de geração distribuída no Brasil (LEMOS, 2022).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio de normas e resoluções, regulamentou e padronizou as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de geração e distribuição de energia elétrica de baixa tensão. Essas regulamentações têm o objetivo de disciplinar as formas, condições, responsabilidades e penalidades relativas ao processo de implementação desses sistemas, garantindo que todas as partes envolvidas sigam as regras estabelecidas pela ANEEL (LEMOS, 2022; COSTA, 2022).

Além de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, a ANEEL é responsável por resoluções normativas que estabelecem as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e ao sistema de compensação de energia elétrica (LEMOS, 2022; COSTA, 2022).

Os projetos elaborados no decorrer o estágio foram localizados em regiões atendidas pela concessionária Energisa Paraíba. A seguir serão apresentadas as diretrizes e resoluções normativas pertinentes à elaboração dos projetos fotovoltaicos.

3.4.1 Resolução Normativa ANEEL N° 482/2012

A Resolução Normativa n° 482, estabelecida pela ANEEL em 2012, define os parâmetros para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica no Brasil. Seu principal propósito é permitir que os consumidores gerem sua própria energia, incentivando a autonomia energética e o uso de fontes renováveis. A resolução simplifica a integração de sistemas de geração distribuída à rede elétrica, estabelecendo procedimentos claros e não discriminatórios. Isso garante o aproveitamento eficiente das redes existentes e facilita a implementação de novas unidades geradoras. Introduce um modelo de compensação onde o excedente de energia gerado e não consumido é injetado na rede e convertido em créditos. Esses créditos podem ser usados para abater o consumo futuro de energia da unidade geradora, com um prazo de validade de até 60 meses. A resolução assegura que a tarifa de energia para consumidores

com geração distribuída seja equivalente à de consumidores sem geração própria, promovendo a equidade tarifária (ANEEL, 2012).

3.4.2 Resolução Normativa ANEEL N° 687/2015

A Resolução Normativa ANEEL n° 687, promulgada em 24 de novembro de 2015, altera a Resolução Normativa n° 482 de 2012, consolidando e expandindo as normas para a microgeração e minigeração distribuída no Brasil. O objetivo principal dessas normas é diminuir os custos associados à conexão de sistemas de minigeração e microgeração. Elas também buscam alinhar o sistema de compensação de energia elétrica com as condições gerais de fornecimento, ampliar o público alvo e aprimorar a clareza das informações apresentadas nas faturas (ANEEL, 2015; LEMOS, 2022). A partir dessas diretrizes, as principais alterações foram:

- Microgeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (NEOENERGIA, 2016).
- Minigeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (NEOENERGIA, 2016).
- Sistema de Compensação de Energia Elétrica: Implementa melhorias significativas no sistema de compensação de energia, permitindo que o excedente de energia gerado por unidades consumidoras seja cedido à distribuidora e posteriormente compensado com o consumo de energia elétrica ativa. Esta alteração inclui a possibilidade de usar esses créditos em outras unidades consumidoras do mesmo titular.
- Modalidades de Geração Distribuída: Introduce novas modalidades de geração distribuída, como geração compartilhada e autoconsumo remoto, permitindo a múltiplos usuários ou unidades consumidoras se beneficiarem de uma única instalação de geração.
- Procedimentos de Conexão e Faturamento: Simplifica os procedimentos de conexão às redes de distribuição e revisa as regras de faturamento para garantir que mesmo os consumidores que geram toda a sua energia paguem uma taxa mínima pela manutenção da rede elétrica.

3.4.3 Resolução Normativa ANEEL N° 1059/2023

A Resolução Normativa ANEEL n° 1059, de 7 de fevereiro de 2023, é uma atualização significativa das regras que regulamentam a microgeração e minigeração distribuída de energia elétrica no Brasil. Elaborada pela ANEEL, a resolução tem como objetivo simplificar os processos de conexão desses sistemas ao sistema elétrico nacional, além de revisar os métodos de faturamento e compensação de energia. Com essa resolução, espera-se promover uma maior integração de fontes de energia renováveis, facilitando a entrada de novos agentes no mercado e contribuindo para uma matriz energética mais limpa e sustentável (ANEEL, 2023).

As mudanças introduzidas na resolução incluem a simplificação dos procedimentos para a conexão à rede, a revisão das normas de faturamento para torná-las mais justas e a atualização das regras de compensação de energia. Essas modificações visam não apenas facilitar a operação e a expansão de sistemas de geração distribuída, mas também refletir as inovações tecnológicas e as novas demandas do mercado de energia. Adicionalmente, a resolução faz alterações em outras normativas anteriores, como as RNs n° 920, 956, 1000 e 1009, para alinhá-las com as novas diretrizes (ANEEL, 2023).

3.4.4 ABNT NBR 5410:2004

A NBR 5410:2004, revisada e corrigida em 2008 pela ABNT, é a norma que estabelece diretrizes para as instalações elétricas de baixa tensão, abrangendo desde residências até instalações industriais e comerciais. O foco principal da norma é assegurar a segurança das pessoas e dos animais, garantir a operação adequada da instalação e preservar os bens materiais. Essa regulamentação é aplicável independentemente do tamanho do ambiente, seja interno ou externo, e inclui também edificações pré-fabricadas. Além disso, a norma enfatiza a importância da proteção contra choques elétricos, detalhando medidas de isolamento, a implementação de barreiras de proteção e sistemas de aterramento (ABNT, 2008).

Os pontos cruciais abordados pela NBR 5410 envolvem a instalação de dispositivos de proteção, como disjuntores e fusíveis, para proteger a instalação contra sobrecargas e curtos-circuitos, aumentando a segurança da instalação elétrica. A norma também orienta sobre o dimensionamento adequado de circuitos, dispositivos de proteção e condutores, escolha de materiais e equipamentos, visando a eficiência energética e a funcionalidade da instalação. Ademais, são fornecidas diretrizes para a manutenção e inspeção das instalações, considerando a durabilidade e desempenho eficaz ao longo do tempo (ABNT, 2008). A norma ABNT 5410 é utilizada nos projetos fotovoltaicos desenvolvidos pela Ecosol principalmente para o dimensionamento dos dispositivos de proteção: DPS, disjuntores e fusíveis, além de definir também a seção nominal do cabeamento utilizado nas instalações.

3.4.5 ABNT NBR 16690:2019

A ABNT NBR 16690, publicada em 2019, estabelece os requisitos de projeto para instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos e define os requisitos de segurança específicos para sistemas fotovoltaicos, especialmente aqueles em corrente contínua, que apresentam riscos adicionais, como a geração e manutenção de arcos elétricos com correntes normais de operação. Esta Norma abrange aspectos como condutores, dispositivos de proteção, dispositivos de manobra, aterramento e equipotencialização do sistema. Inclui também os componentes dos sistemas fotovoltaicos e a interligação de pequenas unidades de condicionamento de potência em corrente contínua para a conexão de um ou dois módulos fotovoltaicos (ABNT, 2019).

Nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, a segurança depende crucialmente da conformidade dos inversores com as normas IEC 62109-1 e IEC 62109-2. Um dos destaques da norma é a padronização da terminologia usada na indústria, como a substituição dos termos placa ou painel fotovoltaico por módulo fotovoltaico. Essa padronização visa a clareza e o entendimento uniforme dentro do setor. A norma também busca promover um padrão de qualidade e segurança nos projetos e instalações, exigindo que outras regulamentações sejam cumpridas, como as normas NR-10 e NR-35 do Ministério do Trabalho. Isso visa a melhor execução dos sistemas fotovoltaicos, reduzindo o risco de problemas como perda de rendimento, aquecimentos indevidos, fugas de corrente e incêndios (ABNT, 2019).

3.4.6 Norma de Distribuição Unificada 001 - Energisa

Esta norma estabelece os procedimentos a serem adotados nos projetos e na execução das instalações de entradas de serviço para unidades consumidoras de baixa tensão nas concessionárias do Grupo Energisa, quando a carga instalada na UC for igual ou inferior a 75 kW, conforme legislação em vigor. Estabelecendo padrões e procedimentos, critérios técnicos e operacionais, envolvidos nas instalações individuais ou agrupadas até 3 (três) unidades consumidoras urbanas e rurais, classificadas como residenciais, comerciais, rurais, poderes públicos e industriais, a serem ligadas em redes áreas de distribuição, obedecidas as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e as Resoluções da ANEEL (ENERGISA, 2020).

3.4.7 Norma de Distribuição Unificada 013 - Energisa

Esta Norma Técnica estabelece os requisitos essenciais e as diretrizes necessárias para a conexão de microgeradores distribuídos à rede de distribuição de Baixa Tensão das concessionárias do Grupo Energisa. O principal objetivo é definir padrões e procedimentos para o acesso, além de estabelecer critérios técnicos e operacionais para o relacionamento com consumidores atendidos em baixa tensão que utilizam cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica. Essas diretrizes estão em conformidade com as normas técnicas e de segurança recomendadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e alinhadas com as exigências dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) e das Resoluções Normativas da ANEEL ([ENERGISA, 2024](#)).

Quando um projeto fotovoltaico é elaborado, ele deve ser encaminhado à Energisa para avaliação. Se aprovado, o projeto pode ser implementado. Após a implementação, uma vistoria é solicitada à concessionária para garantir que o sistema instalado esteja em conformidade com o projeto aprovado. Uma vez que a vistoria seja concluída e o projeto aprovado, o sistema é oficialmente homologado. Com isso, o medidor comum é substituído por um medidor bidirecional, que contabiliza tanto a energia consumida quanto a energia injetada na rede ([LEMONS, 2022](#)).

A [seção 4](#) irá abordar as atividades desenvolvidas durante o estágio, bem como os procedimentos para o dimensionamento e submissão de um projeto fotovoltaico junto à concessionária de energia, assim como as visitas técnicas realizadas.

4 Atividades Desenvolvidas

4.1 Treinamento

A fase inicial do estágio foi um treinamento que durou 4 semanas, com objetivo de ambientar o estagiário a respeito da empresa, seus procedimentos, entender sua função, realizar um estudo prévio sobre a energia solar e escrever um relatório a respeito; entender o processo de elaboração do projeto fotovoltaico, conhecer os componentes disponíveis no mercado e o dimensionamento dos projetos. Para a construção dos diagramas elétricos dos projetos foi utilizado o *software* Adobe Illustrator que o estagiário têm proficiência e pode ser uma ferramenta alternativa ao *software* AutoCAD. Também foi necessário o entendimento de como se dá o processo homologação dos projetos fotovoltaicos junto à Energisa/PB.

Em um segundo momento com duração de 2 semanas o estagiário recebeu a tarefa de realizar o dimensionamento com base na teoria de 2 projetos instalados pela empresa anteriormente, de forma a aprofundar o entendimento sobre o processo de elaboração e homologação dos projetos. Na [subseção 4.2](#) apresenta-se o processo de elaboração e dimensionamento do projeto fotovoltaico seguindo as normas técnicas vigentes. Para os projetos de UC monofásica a elaboração dura em torno de 1 semana e projetos de UC trifásica de 1,5 semanas a 2 semanas.

Quanto a fase de instalação o setor encarregado é de execução e manutenção, como citado anteriormente. O processo de instalação depende de muitos fatores, como disponibilidade da equipe e do cliente, bem como fatores climáticos, aprovação financeira do projeto e submissão junto à Energisa/PB processo que dura em entre 15 dias a 2 meses, sendo necessário vistoria técnica para homologação. Por fim o tempo de execução dos projetos pode variar com relação ao tipo de superfície e necessidade de estruturas adicionais.

4.2 Projeto de Sistemas Fotovoltaicos

O processo de elaboração do projeto fotovoltaico envolve diversas etapas detalhadas que são fundamentais para a aprovação pela concessionária de energia. Revisando a literatura, é possível fazer um resumo das principais etapas, com isso, tem-se:

1. Preenchimento do Formulário de Solicitação de Acesso:

- Formulário padronizado pela ANEEL e fornecido pela Energisa (vide [Apêndice A](#));
- Informações da unidade consumidora: titularidade, endereço, número de fases, tensão de atendimento e carga instalada;
- Informações sobre o sistema fotovoltaico: potência e tipo de fonte de geração.

2. Certificados dos Equipamentos:

- Certificados dos equipamentos usados no projeto devem ser anexados;
- Inversores de até 10 kW devem possuir certificados junto ao INMETRO;
- Inversores acima de 10 kW devem ter certificados de conformidade com normas brasileiras (ABNT) ou internacionais (IEC, IEEE).

3. Elaboração do Diagrama Unifilar:

- Descrição de todos os componentes do sistema: módulos fotovoltaicos, inversor, DPS, disjuntores;
- Dimensionamento dos cabos utilizados;
- Detalhes do ramal de entrada e aterramento.

4. Preenchimento do Memorial Técnico Descritivo:

- Planilha de Excel fornecida pela Energisa (vide [Apêndice B](#));
- Dados da unidade consumidora e detalhes completos do sistema de geração;
- Descrição de todos os componentes e dispositivos de proteção utilizados.

Este conjunto de etapas visa garantir que todas as especificações técnicas e normativas sejam atendidas, facilitando a aprovação do projeto pela concessionária de energia. Após a elaboração dos documentos, estes são enviados ao engenheiro supervisor para avaliação e possíveis ajustes. Uma vez que o projeto esteja em conformidade com todos os requisitos, o supervisor o encaminha para a concessionária. Além da documentação submetida, também são obtidas informações relativas ao tipo de telhado (cerâmica, cimento, fibrocimento etc.), que influencia no material utilizada na instalação dos painéis, e sobre a orientação do telhado (norte, sul, leste ou oeste), que influencia na incidência solar ao longo do ano.

Para definir o arranjo do sistema fotovoltaico é necessário determinar inicialmente o módulo fotovoltaico que será utilizado no projeto, a partir daí analisar a documentação das especificações técnicas (do inglês - *datasheet*) do componente, possibilitando obter dados fundamentais para o dimensionamento do projeto. A potência real do sistema em kW pode ser determinada utilizando a [Equação 6](#) apresentada a:

$$P_{sistema} = \frac{C_{med/dia}}{I_{med/dia} \cdot \eta} \quad (6)$$

Sendo,

- $P_{sistema}(kWp)$: é a potência do sistema a ser calculada;
- $C_{med/dia}(kWh)$: é a média de consumo diário, pode ser determinado na fatura da UC dividindo o consumo total pela quantidade de dias incluídos;

- $I_{med/dia}(kWh/m^2 \cdot dia)$: é a média diária da irradiação solar no local de instalação do sistema, pode ser determinada utilizando o programa SunData da CRESESB;
- η : é o rendimento do sistema e pode ser determinado no *datasheet* do módulo solar escolhido para o projeto.

Analisando o *datasheet* do módulo fotovoltaico pode-se obter o valor da potência máxima do módulo ($P_{sistema}$) também medido em kWp, que associada a potência total determinada pela [Equação 6](#) possibilita determinar a quantidade de módulos que atenda a demanda de potência contratada a partir da [Equação 7](#):

$$N_{módulos} = \frac{P_{sistema}(kWp)}{P_{módulo}(kWp)} \quad (7)$$

A quantidade de módulos fotovoltaicos do projeto também pode ser determinada associando a [Equação 6](#) e a [Equação 7](#), que resulta na [Equação 8](#):

$$N_{módulos} = \frac{C_{med/dia}}{P_{módulo}(kWp) \cdot I_{med/dia} \cdot \eta} \quad (8)$$

Após a definição do tipo, da quantidade de módulos e da potência do sistema, é possível dimensionar o inversor ideal para o arranjo do projeto. A escolha do inversor se dá basicamente em fazer uma análise de mercado dentre os inversores que atendem a potência demandada pelo sistema, de forma que consigam atender os critérios técnicos normatizados pela ANEEL e pelas concessionárias.

Quando selecionado o modelo do inversor, o passo seguinte é definir o arranjo em que os módulos serão conectados. Determina-se a quantidade máxima de módulos que podem ser conectados em série em cada *string* do inversor, como apresentado na [Equação 9](#). Para isso, divide-se o valor de tensão máxima CC do inversor pelo valor de tensão de circuito aberto do módulo fotovoltaico, ambos contidos no *datasheet* dos equipamentos. A partir da escolha do arranjo é possível dimensionar os cabos e os dispositivos de proteção.

$$N_{max.módulos/string} = \frac{Tensão\ máxima\ CC\ do\ inversor}{Tensão\ de\ circuito\ aberto\ do\ módulo\ fotovoltaico} \quad (9)$$

Para determinar os condutores e dispositivos de proteção que serão utilizados no projeto, inicialmente analisa-se o *datasheet* do inversor, verificando a corrente máxima CC e a corrente CA suportada. Segundo [Souza \(2019\)](#) para o dimensionamento dos condutores são utilizados os seguintes critérios, conforme prescrição de 6.2.6.1.2 da NBR 5410:

- Seção mínima (6.2.6.1.1);
- Capacidade de condução de corrente (6.2.5);
- Limites de queda de tensão (6.2.7);
- Proteção contra sobrecarga (5.3.4 e 6.3.4.2);
- Proteção contra curto-circuito (5.3.5 e 6.3.4.3);
- Proteção contra choques elétricos por seccionamento automático da alimentação em esquemas TN e IT (5.1.2.2.4).

Inicialmente deve-se determinar a corrente de projeto, escolher o tipo de condutor e o tipo de linha elétrica, determinar a seção do cabeamento utilizando os critérios estabelecidos pela NBR 5410. Posteriormente deve-se escolher a proteção contra correntes de sobrecarga e aplicar os critérios de coordenação entre condutores e proteção contra correntes de sobrecargas, além de escolher a proteção contra correntes de curto-circuito e aplicar os critérios de coordenação entre condutores e proteção contra correntes de curtos-circuitos. Por fim dimensionar a proteção contra choques elétricos pelo critério mencionado. Dessa forma, a seção dos condutores será a que atenda a todos os critérios (SOUZA, 2019).

Para o dimensionamento do disjuntor de proteção CA foi utilizado o critério apresentado pela NBR 5410, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-la devem ser tais que:

$$I_B < I_n < I_z \quad (10)$$

$$I_2 < 1,45 < I_z \quad (11)$$

Sendo,

- I_B é a corrente de projeto do circuito;
- I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores segundo o método de referência;
- I_n : é a corrente nominal do dispositivo de proteção;
- I_2 : é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

Levando em consideração que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não venha a ser mantida por um tempo superior a 100 h durante 12 meses consecutivos, ou 500 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso não ocorrer, a [Equação 12](#) deve ser substituída por:

$$I_2 < I_z \quad (12)$$

A proteção contra surtos no circuito CA é determinada a partir da norma NDU-001 da Energisa que define o uso de dispositivos DPS classe II para proteção na saída do inversor. A ABNT 5410 define o valor máximo que a tensão da rede pode atingir sem que o DPS atue, sua tensão máxima de operação deve ser ao menos 110% do seu valor de operação nominal. Quanto maior o valor da tensão máxima de operação, maior será a elevação de tensão nos terminais do equipamento antes da atuação do DPS e, por isso, é recomendável que o seu valor seja o mais próximo possível do estabelecido pelas normas. Caso contrário, as oscilações normais da rede podem provocar atuações indesejáveis do dispositivo, reduzindo drasticamente sua vida útil (LEMOS, 2021).

Quanto à proteção CC os fusíveis são os dispositivos que protegem os módulos de uma *string* contra uma possível corrente reversa vinda de outra *string*. De modo geral, são utilizados fusíveis em sistemas com três ou mais circuitos em paralelo. Além de atender aos requisitos de corrente nominal, a tensão nominal dos fusíveis deve ser, no mínimo, igual à máxima tensão de saída da *string*. O dimensionamento do DPS no lado CC se dá a partir da sua tensão máxima de operação que deve ser ao menos 110% do seu valor de operação nominal. No entanto, os inversores modernos tipicamente incluem os dispositivos de proteção CC necessários, excluindo a obrigatoriedade de um circuito de proteção CC adicional.

Com relação ao sistema de aterramento, deve-se seguir determinação da norma NDU-001 da Energisa. No projeto de um sistema fotovoltaico, é necessário conectar uma malha

de aterramento ao sistema de aterramento existente na Unidade Consumidora (UC) a fim de equipotencializar o sistema.

Segundo Solar (2024) para calcular o retorno sobre o investimento ou *payback* do sistema fotovoltaico deve-se inicialmente obter o custo total do sistema, a potência de geração e o custo unitário do kWh na região da instalação. Dessa forma, o *payback* do projeto é dado pela Equação 13:

$$Payback = \frac{C_{sistema}(R\$)}{P_{sistema}(kWh) \cdot T(meses) \cdot C_{kWh}(R\$)} \quad (13)$$

Sendo,

- $C_{sistema}(R\$)$: é o custo total do sistema;
- $P_{sistema}(kWh)$: é a potência de geração do sistema em kWh;
- $T(meses)$: é a quantidade de meses de referência;
- $C_{kWh}(R\$)$: é o custo do kWh na região da UC.

Nas próximas seções serão detalhados 6 projetos elaborados pelo estudante durante a realização do estágio, dimensionados conforme os métodos e normas descritos anteriormente. Assim como o relato de uma visita técnica realizada na cidade de Conceição/PB e a configuração do inversor GoodWe GW6000-DNS-30 em projeto instalado na cidade de Diamante/PB.

4.2.1 Projeto 1

O primeiro projeto foi um sistema fotovoltaico para alimentar uma UC monofásica, situada na zona rural da cidade de Boa Ventura/PB. A primeira etapa envolveu a coleta de dados da unidade consumidora, suas características e a descrição das cargas instaladas para calcular a demanda, como solicitado pela Energisa/PB. No Quadro 1 apresenta-se a relação das cargas da UC e o cálculo da demanda total.

Quadro 1 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 1.

Quantidade	Equipamento	Pot. instalada unitária (W)	Potência total (kW)	Fator de demanda	Demanda (kW)
2	Ar condicionado 18.000 BTUs	2.700	5,4	0,88	4,75
20	Lampadas LED	25	0,5	0,80	0,40
4	Freezer 600 L	800	3,2	1	3,20
	Total		9,1	Total	8,35

Fonte: Próprio Autor.

O arranjo fotovoltaico inicia a partir da escolha do módulo fotovoltaico, para o projeto foi utilizado o modelo MFVHO-MO-144-550W da BELENERGY com eficiência em torno de 80%. O número de módulos foi calculado com base na Equação 8, utilizando a irradiação solar média diária de 5,99 kWh/m² em Boa Ventura/PB. Com base na demanda total calculada na faixa dos 8,35 kW, o sistema fotovoltaico foi projetado para alimentar uma carga equivalente a 1.500 kWh/mês, assim o consumo médio diário é cerca 50 kWh, com possibilidade de uma geração maior do que a prevista, podendo gerar cerca de 1.875 kWh mensais, com isso:

$$N_{módulos} = \frac{50}{0,55 \cdot 5,99 \cdot 0,8} \approx 19 \text{ módulos}$$

A geração em potência de pico esperada é cerca de 10,45 kWp, de forma que o sistema garante geração suficiente para suprir a demanda da UC e gerar um excedente. As especificações elétricas do módulo selecionado são apresentados no [Quadro 2](#).

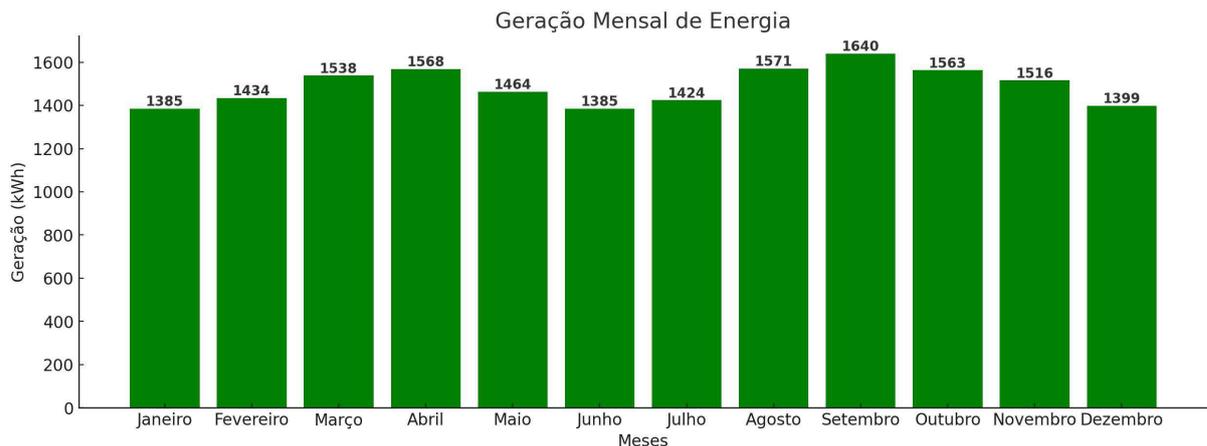
Quadro 2 – Especificações do módulo fotovoltaico MFVHO-MO-144-550W da BELENERGY.

Potência de máxima potência (Pmp)	0,55 kWp
Tensão de máxima potência (Vmp)	41,28 V
Corrente de máxima potência (Imp)	13,32 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	49,80 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	14,01 A

Fonte: Adaptado de BELENERGY.

O excedente gerado irá alimentar outra UC pertencente ao mesmo cliente e na mesma cidade utilizando o sistema de compensação junto à Energisa/PB. A geração mensal média esperada do projeto é apresentada na [Figura 11](#).

Figura 11 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 1.



Fonte: Ecosol.

O inversor escolhido para compor o sistema foi uma unidade do SAJ R6-10K-S3 que suporta uma potência máxima de pico de 15 kWp, 3 MPPT com 1 *string* cada e atende os requisitos técnicos do projeto, incluindo proteção contra inversão de polaridade CC, curto-circuito, sobrecorrente de saída, sobretensão e ilhamento. Monitoramento de rede, proteção de temperatura e monitorização de strings. As especificações elétricas do inversor selecionado são apresentados no [Quadro 3](#).

Quadro 3 – Especificações do inversor SAJ R6-10K-S3.

Entrada CC		Saída CA	
Potência máxima de entrada	15 kW	Potência nominal de saída	10 kW
Tensão máxima de entrada	600 V	Potência máxima de saída	10 kW
Tensão nominal CC	360 V	Tensão nominal CA	220 V
Corrente de máxima potência	16 A	Corrente nominal de saída	43,5 A
Corrente de curto-circuito	19,2 A	Corrente máxima de saída	45,5 A

Fonte: Adaptado de SAJ.

Para completar o arranjo é necessário calcular a quantidade máxima de módulos a serem conectados em cada *string* utilizando a [Equação 9](#):

$$N_{max.módulos/string} = \frac{600 V}{49,80 V} = 12,05 \rightarrow 12 \text{ módulos por string}$$

Com isso, o arranjo foi definido em 1 *string* de 10 módulos e 1 *string* de 9 módulos. O sistema foi dimensionado para uma corrente máxima de operação de 45,5 A, assim, como critério da ABNT a seção nominal do cabeamento utilizado no projeto foi de 10 mm². O circuito de proteção CA contém: DPS classe II 20 kA e disjuntor monopolar CA de 50 A. No [Quadro 4](#) detalha-se as especificações do projeto e os componentes utilizados em sua execução.

Quadro 4 – Especificações dos componentes do Projeto 1.

Componentes	Quantidade	Fabricante	Modelo	Característica Elétrica
Módulos fotovoltaicos	19	BELENERGY	MFVHO-MO-144-550W	Potência individual: 0,55 kWp Potência total: 10,45 kWp
Inversor	1	SAJ	R6-10K-S3	Potência total: 10 kWp Tensão: 220 V (monopolar)
Proteção CC	-	SAJ	Incluso no inversor	-
Proteção CA	2	SPK	DPS CA Classe II 20 kA	-
	1	STECK	Disjuntor monopolar CA 50 A	-
Cabeamento	30 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Vermelho	Seção: 10 mm ²
	30 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Preto	Seção: 10 mm ²
	30 m	Sil	Cabo flexível PVC/Cobre verde	Seção: 10 mm ²
Conectores	4	JAC	Kit Conector MC4 Macho/Femea	-
Aterramento	2	-	Kit (haste de aterramento, caixa de junção e conectores)	-

Fonte: Próprio Autor.

O sistema de aterramento não existia na UC por se tratar de área rural não utilizada, com isso foi necessário instalação de um sistema de aterramento, contendo: 1 haste de aterramento para as *strings* e 1 haste de aterramento para o inversor e circuito de proteção CA. Para conexão foi utilizado 30 metros de Cabo flexível PVC/Cobre verde 10 mm². Com base nos componentes selecionados para execução do projeto é possível montar o diagrama unifilar do projeto utilizando o software Adobe Illustrator, visto na [Figura 12](#).

O sistema foi instalado no solo e a área total do arranjo foi de 40 m². O inversor utilizado tem capacidade máxima de 27 painéis de 0,55 kWp, possibilitando ao cliente em um momento posterior adicionar mais 8 painéis em seu sistema.

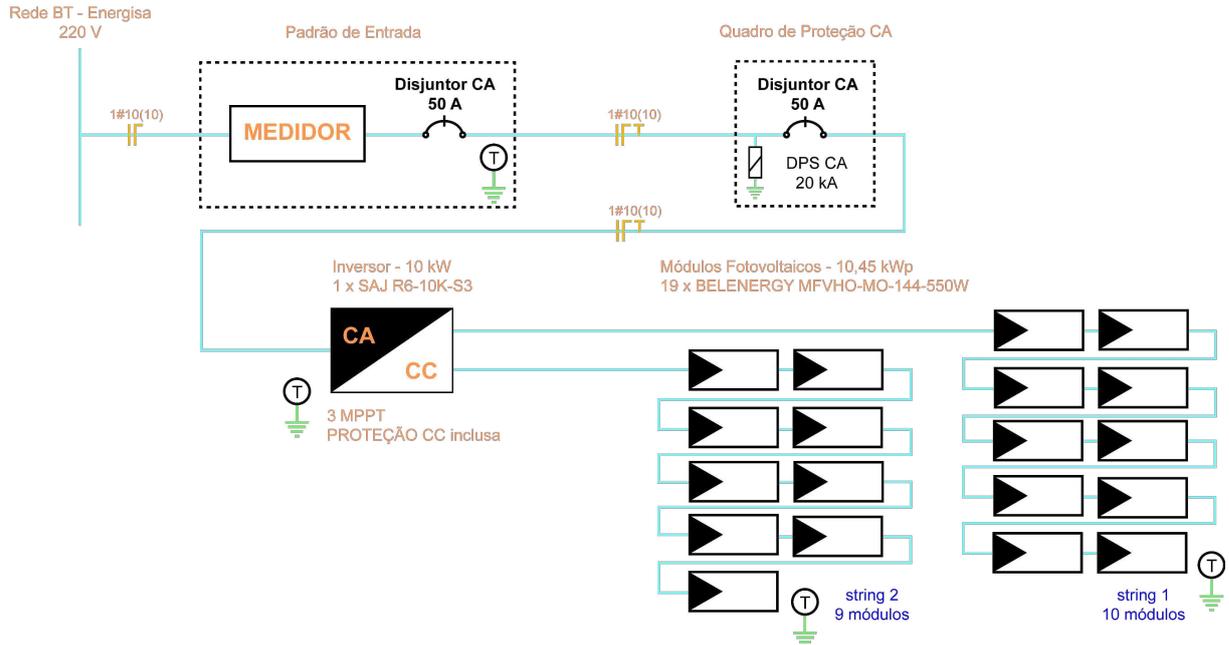
Realizando a análise financeira do projeto pode-se inicialmente comparar os custos de energia com e sem geração própria, deve-se se levar em consideração o ICMS e a taxa de iluminação pública, que são obrigatoriamente inclusas na fatura de energia. O método utiliza dados de faturas anteriores da UC, obtendo o histórico de consumo e custos. No [Quadro 5](#) apresentou-se o procedimento para determinar a economia mensal e anual do projeto para o primeiro ano.

O projeto total teve um custo de aproximadamente R\$ 60.000,00. O *payback* do sistema fotovoltaico foi calculado a partir da [Equação 13](#), utilizando 12 meses como parâmetro de tempo e 0,7622 como o valor do custo unitário da energia em kWh na região.

$$Payback = \frac{C_{sistema}(R\$)}{P_{sistema}(kWh) \cdot T(meses) \cdot C_{kWh}(R\$)} = \frac{60.000,00}{1.500 \cdot 12 \cdot 0,7622} = 4,37$$

Com isso, o *payback* do Projeto 1 ocorrerá em aproximadamente 4 anos e 4 meses. O sistema foi aprovado pela concessionária Energisa/PB, implementado e está em pleno funcionamento.

Figura 12 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 1.



Fonte: Próprio Autor.

Quadro 5 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 1.

Custo anual de energia com Geração Própria	Custo anual de energia sem Geração Própria	Economia Anual
R\$ 17.658,56	R\$ 1.739,76	R\$ 15.918,80
Custo mensal de energia com Geração Própria	Custo mensal de energia sem Geração Própria	Economia Mensal
R\$ 1.471,55	R\$ 144,98	R\$ 1.326,57

Fonte: Ecosol.

4.2.2 Projeto 2

O segundo projeto foi um sistema fotovoltaico para alimentar uma unidade trifásica, situada na zona rural da cidade de Conceição/PB. A primeira etapa envolveu a coleta de dados da unidade consumidora, suas características e a descrição das cargas instaladas para calcular a demanda, como solicitado pela Energisa/PB. No [Quadro 6](#) apresenta-se a relação das cargas da UC e o cálculo da demanda total.

Quadro 6 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 2.

Quantidade	Equipamento	Pot. instalada unitária (W)	Potência total (kW)	Fator de demanda	Demanda (kW)
2	Motor Trifásico 7,5 cv	5.500	11,00	0,79	8,69
1	Motor Trifásico 10 cv	7.355	7,35	0,88	6,47
3	Motor Trifásico 1,5 cv	1.100	3,30	0,79	2,61
2	Ar condicionado 12.000 BTUs	1.100	2,20	1	2,20
30	Lampadas LED	30	0,90	0,75	0,68
2	Freezer 600 L	800	1,60	1	1,60
	Total		26,36	Total	22,24

Fonte: Próprio Autor.

O arranjo fotovoltaico inicia a partir da escolha do módulo fotovoltaico, para o projeto foi utilizado o modelo JKM570N-72HL4-BDV da JINKO SOLAR com eficiência em torno de 80%. O número de módulos foi calculado com base na [Equação 8](#), utilizando a irradiação solar média diária de 5,52 kWh/m² em Conceição/PB. Com base na demanda total calculada na faixa dos 22,24 kW, o sistema fotovoltaico foi projetado para alimentar um equivalente a 5.000 kWh/mês, assim o consumo médio diário é cerca 166,67 kWh, com isso:

$$N_{\text{módulos}} = \frac{166,67}{0,57 \cdot 5,52 \cdot 0,8} \approx 63 \text{ módulos}$$

Para esse arranjo, a empresa adicionou mais 11 módulos (totalizando 74) por solicitação do cliente gerando em torno de 42,18 kWp em potência de pico, de forma que o sistema garante geração suficiente para suprir a demanda da UC e gerar um excedente. As especificações elétricas do módulo selecionado são apresentados no [Quadro 7](#).

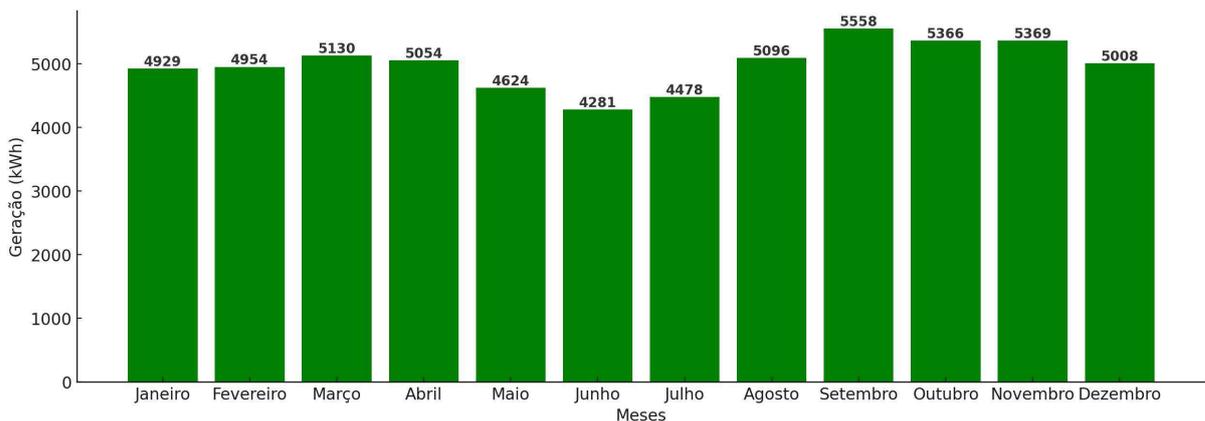
Quadro 7 – Especificações do módulo fotovoltaico JKM570N-72HL4-BDV da JINKO SOLAR.

Potência de máxima potência (Pmp)	0,57 kWp
Tensão de máxima potência (Vmp)	42,29 V
Corrente de máxima potência (Imp)	13,48 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	51,07 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	14,25 A

Fonte: Adaptado de JINKO SOLAR.

O excedente será armazenado junto à concessionária, podendo ser guardado como créditos para uso em momento posterior (até cinco anos) ou para alimentar outra UC utilizando o sistema de compensação. A geração mensal média esperada do projeto é apresentada na [Figura 13](#).

Figura 13 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 2.



Fonte: Ecosol.

Para complementar o arranjo foi escolhido o inversor S5-GC30K-LV da fabricante SOLIS que suporta uma potência máxima de pico de 45 kWp, 4 MPPT com 8 *strings* e atende os requisitos técnicos do projeto, incluindo proteção contra inversão de polaridade CC, curto-circuito, sobrecorrente de saída, sobretensão e ilhamento. Monitoramento de rede, proteção de temperatura e monitorização de *strings*. As especificações elétricas do inversor selecionado são apresentados no [Quadro 8](#).

Para completar o arranjo é necessário calcular a quantidade máxima de módulos a serem conectados em cada *string* utilizando a [Equação 9](#):

Quadro 8 – Especificações do inversor SOLIS S5-GC30K-LV.

Entrada CC		Saída CA	
Potência máxima de entrada	45 kW	Potência nominal de saída	30 kW
Tensão máxima de entrada	1.100 V	Potência máxima de saída	33 kW
Tensão nominal CC	360 V	Tensão nominal CA	220 V
Corrente de máxima potência	32 A	Corrente nominal de saída	78,7 A
Corrente de curto-circuito	40 A	Corrente máxima de saída	86,6 A

Fonte: Adaptado de SOLIS.

$$N_{max.módulos/string} = \frac{1.100 V}{51,07 V} = 21,54 \rightarrow 21 \text{ módulos por string}$$

Com isso, o arranjo foi definido em 3 *strings* de 19 módulos cada e 1 *string* de 17 módulos. O sistema foi dimensionado para uma corrente máxima de operação de 50 A, assim, como critério da ABNT a seção nominal do cabeamento utilizado no projeto foi de 10 mm². O circuito de proteção CA contém: DPS classe II 20 kA e disjuntor monopolar CA de 50 A. No [Quadro 9](#) detalha-se as especificações do projeto e os componentes utilizados em sua execução.

Quadro 9 – Especificações dos componentes do Projeto 2.

Componentes	Quantidade	Fabricante	Modelo	Característica Elétrica
Módulos fotovoltaicos	74	JINKO SOLAR	JKM570N-72HL4-BDV	Potência individual: 0,57 kWp Potência total: 42,18 kWp
Inversor	1	SOLIS	S5-GC30K	Potência total: 30 kWp Tensão: 220 V (trifásico)
Proteção CC	-	SOLIS	Incluso no inversor	-
Proteção CA	4	SPK	DPS CA Classe II 20 kA	-
	1	SOPRANO	Disjuntor tripolar CA 50 A	-
Cabeamento	100 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Vermelho	Seção: 10 mm ²
	100 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Preto	Seção: 10 mm ²
	100 m	Sil	Cabo flexível PVC/Cobre verde	Seção: 10 mm ²
Conectores	4	JAC	Kit Conector MC4 Macho/Femea	-
Aterramento	5	-	Kit (haste de aterramento, caixa de junção e conectores)	-

Fonte: Próprio Autor.

O sistema de aterramento não existia na UC por se tratar de área rural não utilizada, com isso foi necessário instalação de um sistema de aterramento, contendo: 1 haste de aterramento para cada *string* e 1 haste de aterramento para o inversor e circuito de proteção CA. Para conexão foi utilizado 100 metros de Cabo flexível PVC/Cobre verde 10 mm². Com base nos componentes selecionados para execução do projeto é possível montar o diagrama unifilar do projeto utilizando o software Adobe Illustrator, visto na [Figura 14](#).

O sistema foi instalado no solo e a área total do arranjo foi de 150 m². O inversor utilizado tem capacidade máxima de 80 painéis de 0,56 kWp, possibilitando ao cliente em um momento posterior adicionar mais 6 painéis em seu sistema.

Realizando a análise financeira do projeto pode-se inicialmente comparar os custos de energia com e sem geração própria, deve-se levar em consideração o ICMS e a taxa de iluminação pública, que são obrigatoriamente inclusas na fatura de energia. O método utiliza dados de faturas anteriores da UC, obtendo o histórico de consumo e custos. No [Quadro 10](#) apresentou-se o procedimento para determinar a economia mensal e anual do projeto para o primeiro ano.

Quadro 10 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 2.

Custo anual de energia com Geração Própria	Custo anual de energia sem Geração Própria	Economia Anual
R\$ 35.974,80	R\$ 7.194,96	R\$ 28.779,84
Custo mensal de energia com Geração Própria	Custo mensal de energia sem Geração Própria	Economia Mensal
R\$ 2.997,90	R\$ 599,58	R\$ 2.398,32

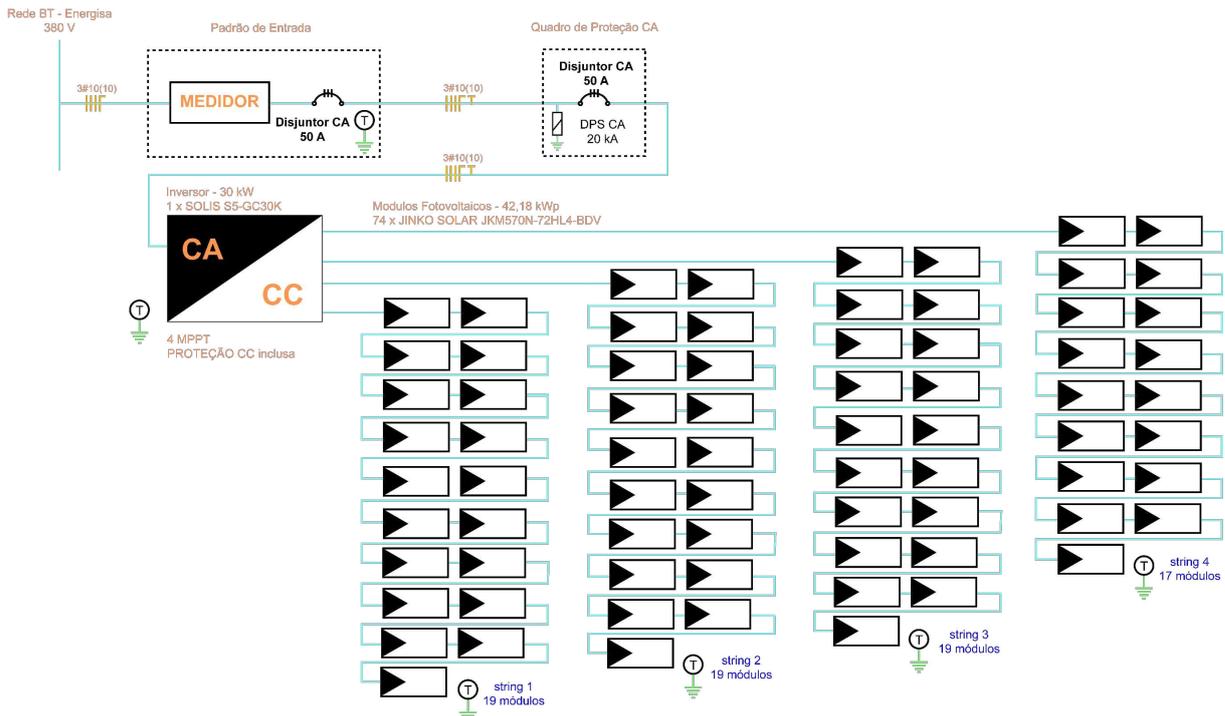
Fonte: Ecosol.

O projeto total teve um custo de aproximadamente R\$ 98.000,00. O *payback* do sistema fotovoltaico foi calculado a partir da [Equação 13](#), utilizando 12 meses como parâmetro de tempo e 0,7841 como o valor do custo unitário da energia em kWh na região.

$$Payback = \frac{C_{sistema}(R\$)}{P_{sistema}(kWh) \cdot T(meses) \cdot C_{kWh}(R\$)} = \frac{98.000,00}{5.000 \cdot 12 \cdot 0,7841} = 2,08$$

Com isso, o *payback* do Projeto 2 ocorrerá em aproximadamente 2 anos e 1 mês. O sistema foi aprovado pela concessionária Energisa/PB, implementado e está em pleno funcionamento.

Figura 14 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 2.



Fonte: Próprio Autor.

4.2.3 Projeto 3

O terceiro projeto foi um sistema fotovoltaico para alimentar uma unidade comercial trifásica, situada na zona urbana da cidade de Diamante/PB. A primeira etapa envolveu a coleta de dados da unidade consumidora, suas características e a descrição das cargas instaladas para calcular a demanda, como solicitado pela Energisa/PB. No [Quadro 11](#) apresenta-se a relação das cargas da UC e o cálculo da demanda total.

Quadro 11 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 3.

Quantidade	Equipamento	Pot. instalada unitária (W)	Potência total (kW)	Fator de demanda	Demanda (kW)
3	Ar condicionado 28.000 BTUs	2.500	7,50	1	7,50
1	Evaporador Frigorifico	6.000	6,00	1	6,00
2	Ar condicionado 12.000 BTUs	1.100	2,20	1	2,20
120	Lampadas LED	40	4,80	0,88	4,22
15	Freezer 600 L	900	13,50	1	13,50
	Total		34,00	Total	33,42

Fonte: Próprio Autor.

Com base na demanda total calculada na faixa dos 33,42 kW, o sistema fotovoltaico foi projetado para atingir uma potência de pico de 28 kWp. O sistema em sua máxima eficiência gera uma potência que corresponde a 83,78% da potência demandada pela UC, a demanda complementar é consumida da rede da Energisa/PB. O arranjo fotovoltaico inicia a partir da escolha do módulo fotovoltaico, para o projeto foi utilizado o modelo TS560S8B-144 da TSUN com eficiência em torno de 79%. O número de módulos foi calculado com base na [Equação 8](#), utilizando a irradiação solar média diária de 5,97 kWh/m² em Diamante/PB. O sistema fotovoltaico foi projetado para alimentar um equivalente a 4.000 kWh/mês, assim o consumo médio diário é cerca 133,33 kWh, com isso:

$$N_{\text{módulos}} = \frac{133,33}{0,56 \cdot 5,97 \cdot 0,79} \approx 50 \text{ módulos}$$

As especificações elétricas do módulo selecionado são apresentados no [Quadro 12](#):

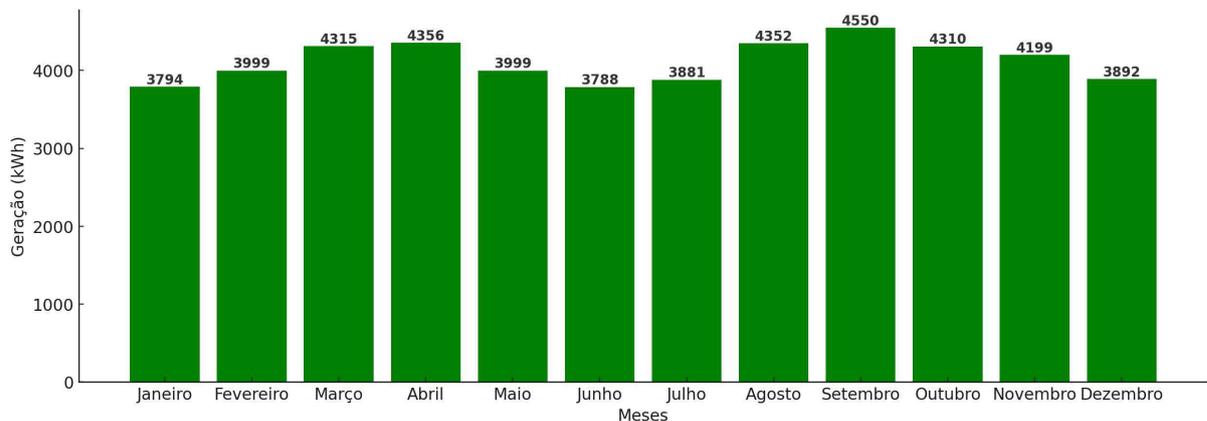
Quadro 12 – Especificações do módulo fotovoltaico TS560S8B-144 da TSUN.

Potência de máxima potência (Pmp)	0,56 kWp
Tensão de máxima potência (Vmp)	42,30 V
Corrente de máxima potência (Imp)	13,25 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	50,10 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	13,98 A

Fonte: Adaptado de TSUN.

A geração mensal média esperada do projeto é apresentada na [Figura 15](#).

Figura 15 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 3.



Fonte: Ecosol.

Para complementar o arranjo foi escolhido o inversor SUN33K-G da fabricante DEYE que suporta uma potência máxima de pico de 42,9 kWp, 2 MPPT com 4 *strings* cada e atende os requisitos técnicos do projeto, incluindo proteção contra inversão de polaridade CC, curto-circuito, sobrecorrente de saída, sobretensão e ilhamento. Monitoramento de falha de aterramento, de rede, proteção de temperatura e monitorização de *strings*. Possui ainda chave seccionadora CC integrada e proteção contra surto CA e CC do tipo II como determinado pela concessionária. As especificações elétricas do inversor selecionado são apresentados no [Quadro 13](#).

Quadro 13 – Especificações do inversor DEYE SUN33K-G.

Entrada CC		Saída CA	
Potência máxima de entrada	42,9 kW	Potência nominal de saída	33 kW
Tensão máxima de entrada	1.000 V	Potência máxima de saída	36,3 kW
Tensão nominal CC	250 V	Tensão nominal CA	277 V
Corrente de máxima potência	40 A	Corrente nominal de saída	47,8 A
Corrente de curto-circuito	60 A	Corrente máxima de saída	52,8 A

Fonte: Adaptado de DEYE.

Para completar o arranjo é necessário calcular a quantidade máxima de módulos a serem conectados em cada *string* utilizando a [Equação 9](#):

$$N_{max.módulos/string} = \frac{1.000 V}{50,10 V} = 19,96 \rightarrow 19 \text{ módulos por string}$$

Com isso, o arranjo foi definido em 2 *strings* de 16 módulos cada e 1 *string* de 18 módulos. O sistema foi dimensionado para uma corrente máxima de operação de 60 A, assim, como critério da ABNT a seção nominal do cabeamento utilizado no projeto foi de 16 mm². O circuito de proteção CA contém: DPS classe II 15 kA e disjuntor monopolar CA de 63 A. No [Quadro 14](#) detalha-se as especificações do projeto e os componentes utilizados em sua execução.

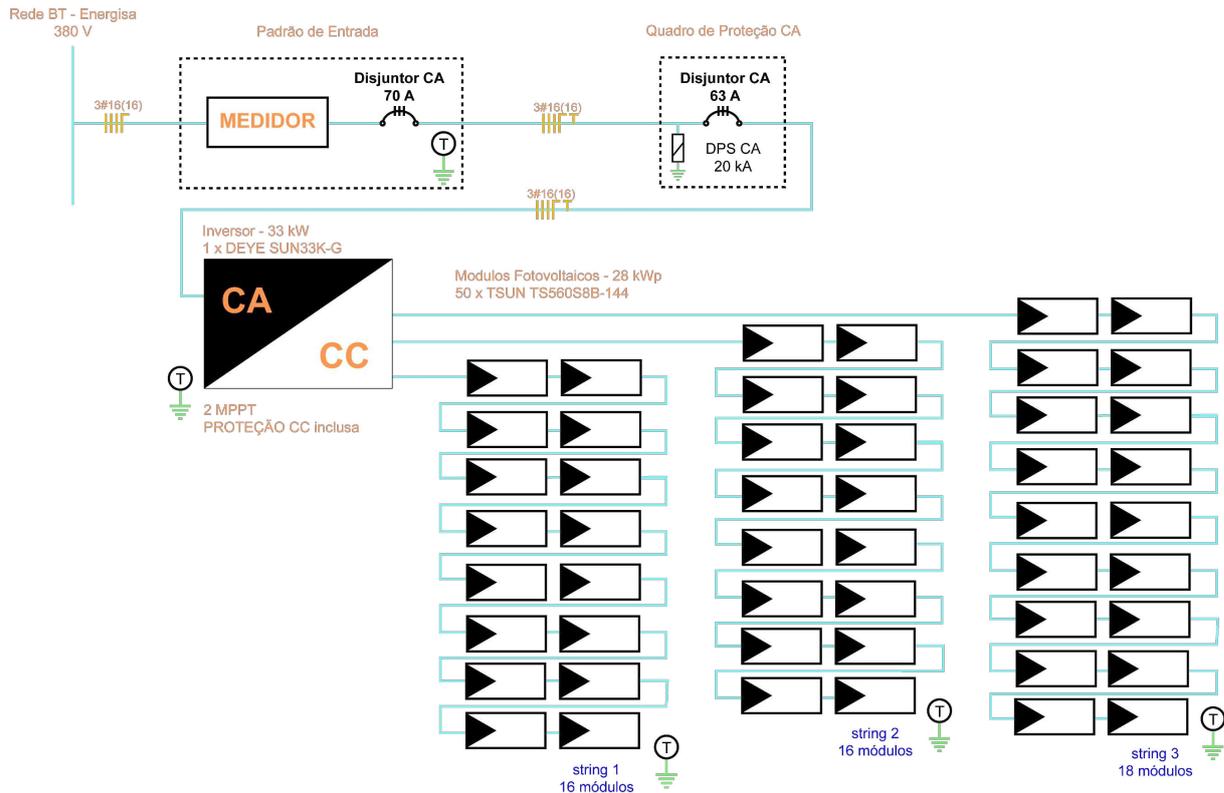
Quadro 14 – Especificações dos componentes do Projeto 3.

Componentes	Quantidade	Fabricante	Modelo	Característica Elétrica
Módulos fotovoltaicos	50	TSUN	TS560S8B-144	Potência individual: 0,56 kWp Potência total: 28 kWp
Inversor	1	DEYE	SUN33K-G	Potência total: 33 kWp Tensão: 277 V (trifásico)
Proteção CC	-	DEYE	Incluso no inversor	-
Proteção CA	4 1	SPK STECK	DPS CA Classe II 15 kA Disjuntor tripolar CA 50 A	-
Cabeamento	100 m 100 m 100 m	Sil Sil Sil	Cabo Fotovoltaico Vermelho Cabo Fotovoltaico Preto Cabo flexível PVC/Cobre verde	Seção: 16 mm ² Seção: 16 mm ² Seção: 16 mm ²
Conectores	6	JAC	Kit Conector MC4 Macho/Femea	-
Aterramento	4	-	Kit (haste de aterramento, caixa de junção e conectores)	-

Fonte: Próprio Autor.

O sistema de aterramento já existia na UC, como recomendação da Energisa foi instalado um novo sistema de aterramento para o projeto e conectado ao sistema pré-existente, contendo: 1 haste de aterramento para cada *string* e 1 haste de aterramento para o inversor. Para conexão foi utilizado 100 metros de Cabo flexível PVC/Cobre verde 16 mm². Com base nos componentes selecionados para execução do projeto é possível montar o diagrama unifilar do projeto utilizando o software Adobe Illustrator, visto na [Figura 16](#).

Figura 16 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 3.



Fonte: Próprio Autor.

O sistema foi instalado em telhado cerâmico e a área total do arranjo foi de 120 m². O inversor utilizado tem capacidade máxima de 76 painéis de 0,56 kWp, possibilitando ao cliente em um momento posterior adicionar mais 26 painéis em seu sistema.

Realizando a análise financeira do projeto pode-se inicialmente comparar os custos de energia com e sem geração própria, deve-se levar em consideração o ICMS e a taxa de iluminação pública, que são obrigatoriamente inclusas na fatura de energia. O método utiliza dados de faturas anteriores da UC, obtendo o histórico de consumo e custos. No [Quadro 15](#) apresentou-se o procedimento para determinar a economia mensal e anual do projeto para o primeiro ano.

Quadro 15 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 3.

Custo anual de energia com Geração Própria	Custo anual de energia sem Geração Própria	Economia Anual
R\$ 43.424,40	R\$ 6.809,27	R\$ 36.615,12
Custo mensal de energia com Geração Própria	Custo mensal de energia sem Geração Própria	Economia Mensal
R\$ 3.618,70	R\$ 567,44	R\$ 3.051,26

Fonte: Ecosol.

O projeto total teve um custo de aproximadamente R\$ 120.000,00. O *payback* do sistema fotovoltaico foi calculado a partir da [Equação 13](#), utilizando 12 meses como parâmetro de tempo e 0,7238 como o valor do custo unitário da energia em kWh na região.

$$Payback = \frac{C_{sistema}(R\$)}{P_{sistema}(kWh) \cdot T(meses) \cdot C_{kWh}(R\$)} = \frac{120.000,00}{4.000 \cdot 12 \cdot 0,7238} = 3,45$$

Com isso, o *payback* do Projeto 3 ocorrerá em aproximadamente 3 anos e 5 meses. O sistema foi aprovado pela concessionária Energisa/PB, implementado e está em pleno funcionamento.

4.2.4 Projeto 4

O quarto projeto foi um sistema fotovoltaico para alimentar uma unidade residencial monofásica, situada na zona rural da cidade de Ibiara/PB. A primeira etapa envolveu a coleta de dados da unidade consumidora, suas características e a descrição das cargas instaladas para calcular a demanda, como solicitado pela Energisa/PB. No [Quadro 16](#) apresenta-se a relação das cargas da UC e o cálculo da demanda total.

Quadro 16 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 4.

Quantidade	Equipamento	Pot. instalada unitária (W)	Potência total (kW)	Fator de demanda	Demanda (kW)
2	Ar condicionado 12.000 BTUs	1.100	2,20	1	2,20
1	Freezer 600 L	2.200	2,20	1	2,20
1	Máquina de lavar	1.100	1,10	1	1,10
2	Geladeira	800	1,60	1	1,60
30	Lampadas LED	35	1,05	0,75	0,79
		Total	8,15	Total	7,89

Fonte: Próprio Autor.

O arranjo fotovoltaico inicia a partir da escolha do módulo fotovoltaico, para o projeto foi utilizado o modelo CHSM72M-HC-570 da ASTRONERGY com eficiência em torno de 80%. O número de módulos foi calculado com base na [Equação 8](#), utilizando a irradiação solar média diária de 5,94 kWh/m² em Ibiara/PB. Com base na demanda total calculada de 7,89 kW, o sistema fotovoltaico foi projetado para alimentar um equivalente a 1.000 kWh/mês, assim o consumo médio diário é cerca 33,33 kWh, com isso:

$$N_{\text{módulos}} = \frac{33,33}{0,57 \cdot 5,94 \cdot 0,8} \approx 13 \text{ módulos}$$

O sistema em sua máxima eficiência gera uma potência de pico de 6,84 kWp, que corresponde a 86,69% da potência demandada pela UC, a demanda complementar é consumida da rede da Energisa/PB. As especificações elétricas do módulo selecionado são apresentados no [Quadro 17](#).

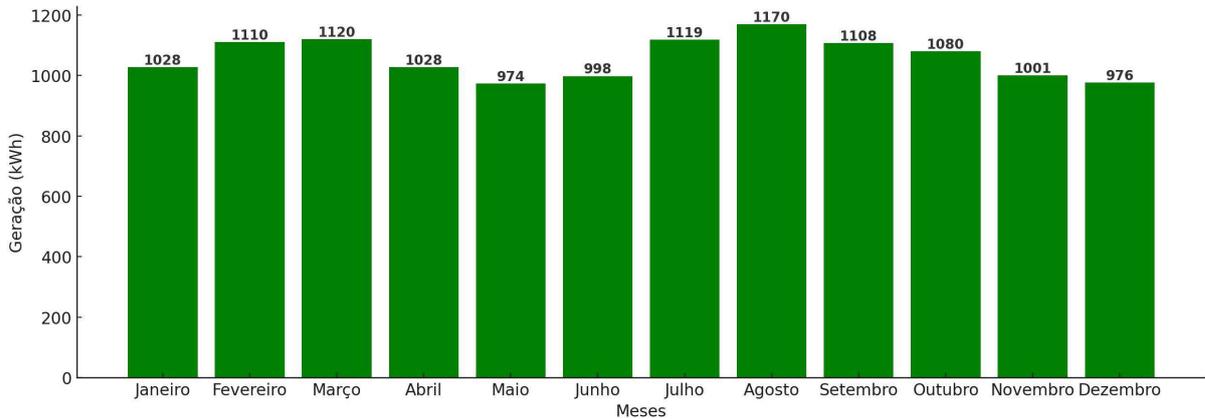
Quadro 17 – Especificações do módulo fotovoltaico CHSM72M-HC-570 da ASTRONERGY.

Potência de máxima potência (Pmp)	0,57 kWp
Tensão de máxima potência (Vmp)	43,70 V
Corrente de máxima potência (Imp)	13,04 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	52,00 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	13,79 A

Fonte: Adaptado de ASTRONERGY.

Como a geração e a potência demandada pela UC variam mês a mês, nos meses em que o sistema gerar mais que o consumo médio, será armazenado o excedente junto à concessionária, e nos meses que o sistema gere menos do que o consumo, a UC pode utilizar o excedente gerado em momento anterior ou consumir potência da rede convencional pra suprir sua demanda. O excedente será armazenado junto à concessionária, podendo ser guardado como créditos para uso em momento posterior (até cinco anos) ou para alimentar outra UC utilizando o sistema de compensação. A geração mensal média esperada do projeto é apresentada na [Figura 17](#).

Figura 17 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 4.



Fonte: Ecosol.

Para complementar o arranjo foi escolhido o inversor SUN8K-G da fabricante DEYE que suporta uma potência máxima de pico de 8,8 kWp, 2 MPPT com 1+2 *strings* e atende os requisitos técnicos do projeto, incluindo proteção contra inversão de polaridade CC, curto-circuito, sobrecorrente de saída, sobretensão e ilhamento. Monitoramento de falha de aterramento, proteção de temperatura, interruptor CC integrado e proteção contra surto. As especificações elétricas do inversor selecionado são apresentados no [Quadro 18](#).

Quadro 18 – Especificações do inversor DEYE SUN8K-G.

Entrada CC		Saída CA	
Potência máxima de entrada	8,8 kW	Potência nominal de saída	8 kW
Tensão máxima de entrada	500 V	Potência máxima de saída	8,8 kW
Tensão nominal CC	120 V	Tensão nominal CA	230 V
Corrente de máxima potência	10 A	Corrente nominal de saída	35 A
Corrente de curto-circuito	20 A	Corrente máxima de saída	39 A

Fonte: Adaptado de DEYE.

Para completar o arranjo é necessário calcular a quantidade máxima de módulos a serem conectados em cada *string* utilizando a [Equação 9](#):

$$N_{max.módulos/string} = \frac{500 V}{52 V} = 9,61 \rightarrow 9 \text{ módulos por string}$$

Com isso, o arranjo foi definido em 1 *string* de 6 módulos e 1 *string* de 6 módulos. O sistema foi dimensionado para uma corrente máxima de operação de 39 A, assim, como critério da ABNT a seção nominal do cabeamento utilizado no projeto foi de 10 mm². O circuito de proteção CA contém: DPS classe II 15 kA e disjuntor monopolar CA de 50 A. No [Quadro 19](#) detalha-se as especificações do projeto e os componentes utilizados em sua execução.

O sistema de aterramento já existia na UC, como recomendação da Energisa foi instalado um novo sistema de aterramento para o projeto e conectado ao sistema pré-existente, contendo: 1 haste de aterramento para as *strings*, o inversor e o circuito de proteção CA. Para conexão foi utilizado 30 metros de Cabo flexível PVC/Cobre verde 10 mm². Com base nos componentes selecionados para execução do projeto é possível montar o diagrama unifilar do projeto utilizando o software Adobe Illustrator, visto na [Figura 18](#).

Quadro 19 – Especificações dos componentes do Projeto 4.

Componentes	Quantidade	Fabricante	Modelo	Característica Elétrica
Módulos fotovoltaicos	12	ASTRONERGY	CHSM72M-HC-570	Potência individual: 570 Wp Potência total: 6,84 kWp
Inversor	1	DEYE	SUN-8K-G	Potência total: 8 kWp
Proteção CC	-	DEYE	Incluso no inversor	-
Proteção CA	2	SPK	DPS CA 15kA	-
	1	SOPRANO	Disjuntor monopolar CA 50 A	
Cabeamento	30 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Vermelho	Seção: 10 mm
	30 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Preto	Seção: 10 mm
	20 m	Sil	Cabo flexível PVC/Cobre verde	Seção: 10 mm
Conectores	2	JAC	Kit Conector MC4 Macho/Femea	-
Aterramento	1	-	Kit (haste de aterramento, caixa de junção e conectores)	-

Fonte: Próprio Autor.

O sistema foi instalado em telhado cerâmico e a área total do arranjo foi de 25 m². O inversor utilizado tem capacidade máxima de 15 painéis de 0,57 kWp, possibilitando ao cliente em um momento posterior adicionar mais 8 painéis em seu sistema.

Realizando a análise financeira do projeto pode-se inicialmente comparar os custos de energia com e sem geração própria, deve-se levar em consideração o ICMS e a taxa de iluminação pública, que são obrigatoriamente inclusas na fatura de energia. O método utiliza dados de faturas anteriores da UC, obtendo o histórico de consumo e custos. No [Quadro 20](#) apresentou-se o procedimento para determinar a economia mensal e anual do projeto para o primeiro ano.

Quadro 20 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 4.

Custo anual de energia com Geração Própria	Custo anual de energia sem Geração Própria	Economia Anual
R\$ 9.474,00	R\$ 841,29	R\$ 8.632,71
Custo mensal de energia com Geração Própria	Custo mensal de energia sem Geração Própria	Economia Mensal
R\$ 789,50	R\$ 70,11	R\$ 719,39

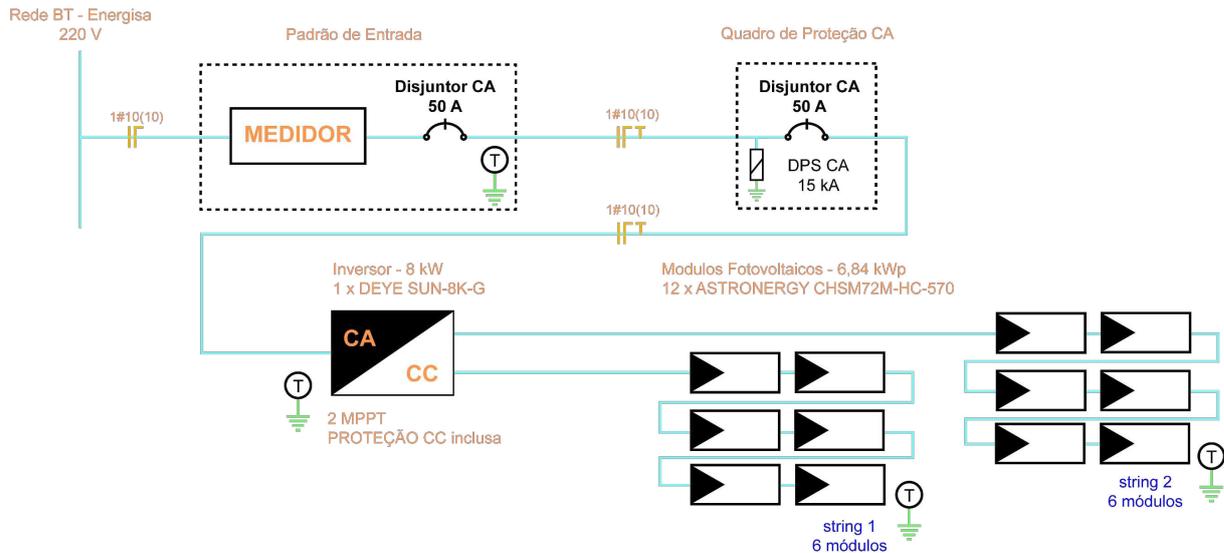
Fonte: Ecosol.

O projeto total teve um custo de aproximadamente R\$ 27.500,00. O *payback* do sistema fotovoltaico foi calculado a partir da [Equação 13](#), utilizando 12 meses como parâmetro de tempo e 0,7238 como o valor do custo unitário da energia em kWh na região.

$$Payback = \frac{C_{sistema}(R\$)}{P_{sistema}(kWh) \cdot T(meses) \cdot C_{kWh}(R\$)} = \frac{27.500,00}{1.000 \cdot 12 \cdot 0,7437} = 3,17$$

Com isso, o *payback* do Projeto 4 ocorrerá em aproximadamente 3 anos e 2 meses. O sistema foi aprovado pela concessionária Energisa/PB, implementado e está em pleno funcionamento.

Figura 18 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 4.



Fonte: Próprio Autor.

4.2.5 Projeto 5

O quinto projeto foi um sistema fotovoltaico para alimentar uma unidade residencial monofásica, situada na zona urbana da cidade de Conceição, Paraíba. A primeira etapa envolveu a coleta de dados da unidade consumidora, suas características e a descrição das cargas instaladas para calcular a demanda, como solicitado pela Energisa/PB. No [Quadro 21](#) apresenta-se a relação das cargas da UC e o cálculo da demanda total.

Quadro 21 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 5.

Quantidade	Equipamento	Pot. instalada unitária (W)	Potência total (kW)	Fator de demanda	Demanda (kW)
3	Ar condicionado 16.000 BTUs	1300	3,90	1	3,90
1	Freezer 600 L	800	0,80	1	0,80
1	Máquina de lavar	1000	1,00	1	1,00
1	Geladeira	500	0,50	1	0,50
3	Televisor	200	0,60	0,75	0,45
20	Lampadas LED	30	0,60	0,88	0,53
	Total		7,40	Total	7,178

Fonte: Próprio Autor.

O arranjo fotovoltaico inicia a partir da escolha do módulo fotovoltaico, para o projeto foi utilizado o modelo TS560S8B-144 da fabricante TSUN com eficiência em torno de 79%. O número de módulos foi calculado com base na [Equação 8](#), utilizando a irradiação solar média diária de 5,52 kWh/m² em Conceição/PB. O sistema fotovoltaico foi projetado para alimentar um equivalente a 1.000 kWh/mês, assim o consumo médio diário é cerca 33,33 kWh, com isso:

$$N_{\text{módulos}} = \frac{33,33}{0,56 \cdot 5,52 \cdot 0,79} \approx 13 \text{ módulos}$$

O sistema em sua máxima eficiência gera uma potência de pico de 7,28 kWp, de forma que o sistema garante geração suficiente para suprir a demanda da UC e gerar um excedente. As especificações elétricas do módulo selecionado são apresentados no [Quadro 27](#).

Como a geração e a potência demandada pela UC variam mês a mês, nos meses em que o sistema gerar mais que o consumo médio, será armazenado o excedente junto à concessionária,

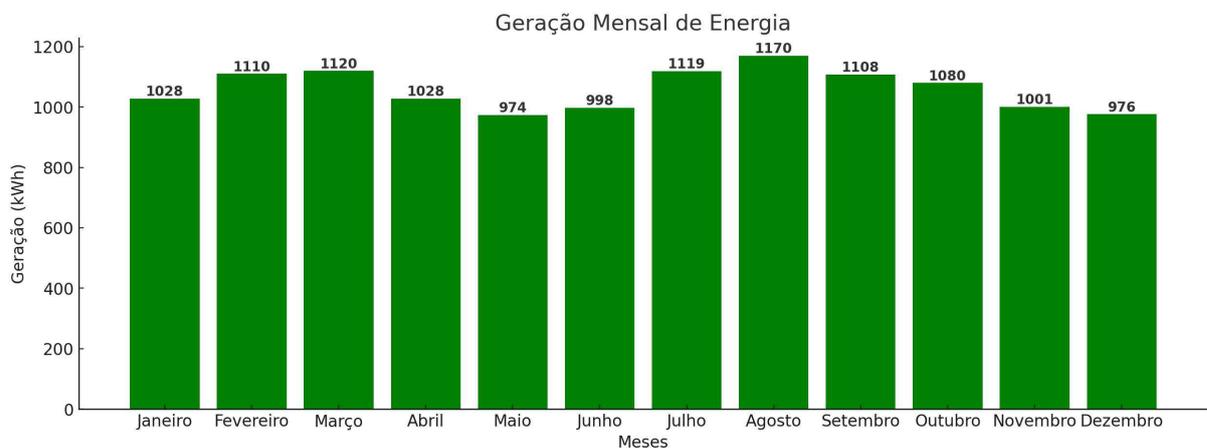
Quadro 22 – Especificações do módulo fotovoltaico TS560S8B-144 da TSUN.

Potência de máxima potência (Pmp)	0,56 kWp
Tensão de máxima potência (Vmp)	42,30 V
Corrente de máxima potência (Imp)	13,25 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	50,10 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	13,98 A

Fonte: Adaptado de TSUN.

e nos meses que o sistema gere menos do que o consumo, a UC pode utilizar o excedente gerado em momento anterior ou consumir potência da rede convencional pra suprir sua demanda. O excedente será armazenado junto à concessionária, podendo ser guardado como créditos para uso em momento posterior (até cinco anos) ou para alimentar outra UC utilizando o sistema de compensação. A geração mensal média esperada do projeto é apresentada na [Figura 19](#).

Figura 19 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 5.



Fonte: Ecosol.

Para complementar o arranjo foi escolhido o inversor SUN8K-G da fabricante DEYE que suporta uma potência máxima de pico de 8,8 kWp, 2 MPPT com 1+2 *strings* e atende os requisitos técnicos do projeto, incluindo proteção contra inversão de polaridade CC, curto-circuito, sobrecorrente de saída, sobretensão e ilhamento. Monitoramento de falha de aterramento, proteção de temperatura, interruptor CC integrado e proteção contra surto. As especificações elétricas do inversor selecionado são apresentados no [Quadro 23](#).

Quadro 23 – Especificações do inversor DEYE SUN8K-G.

Entrada CC		Saída CA	
Potência máxima de entrada	8,8 kW	Potência nominal de saída	8 kW
Tensão máxima de entrada	500 V	Potência máxima de saída	8,8 kW
Tensão nominal CC	120 V	Tensão nominal CA	230 V
Corrente de máxima potência	10 A	Corrente nominal de saída	35 A
Corrente de curto-circuito	20 A	Corrente máxima de saída	39 A

Fonte: Adaptado de DEYE.

Para completar o arranjo é necessário calcular a quantidade máxima de módulos a serem conectados em cada *string* utilizando a [Equação 9](#):

$$N_{max.módulos/string} = \frac{500 V}{50,10 V} = 9,98 \rightarrow 9 \text{ módulos por string}$$

Com isso, o arranjo foi definido em 1 *string* de 7 módulos e 1 *string* de 6 módulos. O sistema foi dimensionado para uma corrente máxima de operação de 39 A, assim, como critério da ABNT a seção nominal do cabeamento utilizado no projeto foi de 10 mm². O circuito de proteção CA contém: DPS classe II 15 kA e disjuntor monopolar CA de 50 A. No [Quadro 24](#) detalha-se as especificações do projeto e os componentes utilizados em sua execução.

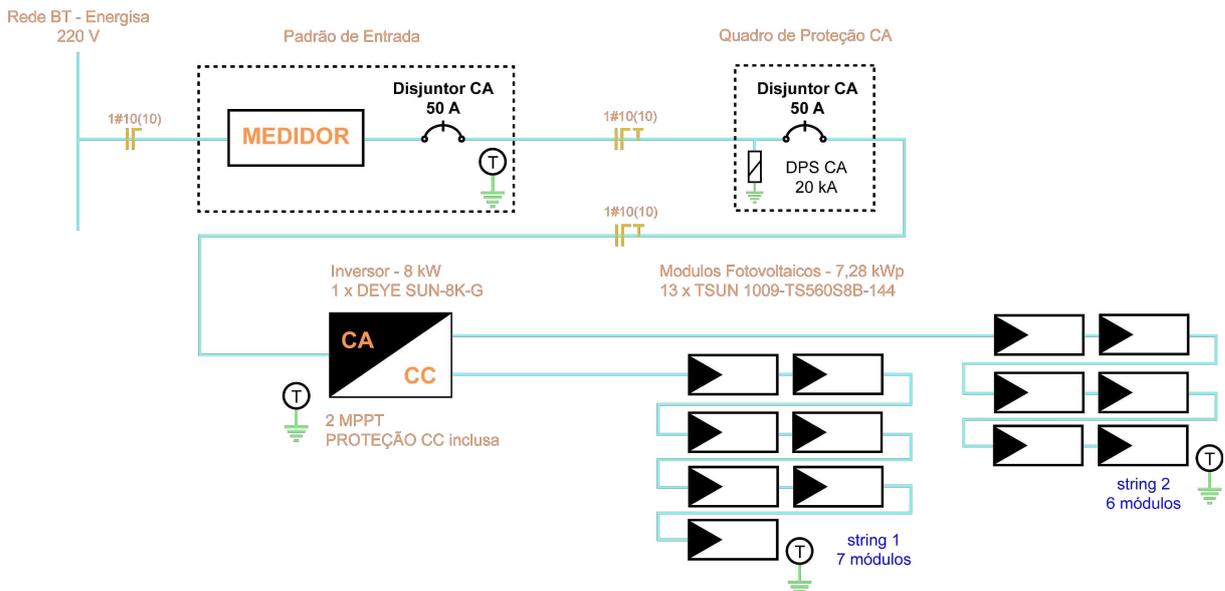
Quadro 24 – Especificações dos componentes do Projeto 5.

Componentes	Quantidade	Fabricante	Modelo	Característica Elétrica
Módulos fotovoltaicos	13	TSUN	TS560S8B-144	Potência individual: 0,56 kWp Potência total: 7,28 kWp
Inversor	1	DEYE	SUN-8K-G	Potência total: 8 kWp Tensão: 230 V (monopolar)
Proteção CC	-	DEYE	Incluso no inversor	-
Proteção CA	2	SPK	DPS CA 20 kA	-
	1	STECK	Disjuntor monopolar CA 50 A	-
Cabeamento	30 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Vermelho	Seção: 10 mm ²
	30 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Preto	Seção: 10 mm ²
	30 m	Sil	Cabo flexível PVC/Cobre verde	Seção: 10 mm ²
Conectores	2	JAC	Kit Conector MC4 Macho/Femea	-
Aterramento	1	-	Kit (haste de aterramento, caixa de junção e conectores)	-

Fonte: Próprio Autor.

O sistema de aterramento já existia na UC, como recomendação da Energisa foi instalado um novo sistema de aterramento para o projeto e conectado ao sistema pré-existente, contendo: 1 haste de aterramento para as *strings*, o inversor e o circuito de proteção CA. Para conexão foi utilizado 30 metros de Cabo flexível PVC/Cobre verde 10 mm². Com base nos componentes selecionados para execução do projeto é possível montar o diagrama unifilar do projeto utilizando o software Adobe Illustrator, visto na [Figura 20](#).

Figura 20 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 5.



Fonte: Próprio Autor.

O sistema foi instalado em telhado cerâmico e a área total do arranjo foi de 25 m². O

inversor utilizado tem capacidade máxima de 15 painéis de 0,56 kWp, possibilitando ao cliente em um momento posterior adicionar mais 2 painéis em seu sistema.

Realizando a análise financeira do projeto pode-se inicialmente comparar os custos de energia com e sem geração própria, deve-se se levar em consideração o ICMS e a taxa de iluminação pública, que são obrigatoriamente inclusas na fatura de energia. O método utiliza dados de faturas anteriores da UC, obtendo o histórico de consumo e custos. No [Quadro 25](#) apresentou-se o procedimento para determinar a economia mensal e anual do projeto para o primeiro ano.

Quadro 25 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 5.

Custo anual de energia com Geração Própria	Custo anual de energia sem Geração Própria	Economia Anual
R\$ 9.482,00	R\$ 847,30	R\$ 8.634,70
Custo mensal de energia com Geração Própria	Custo mensal de energia sem Geração Própria	Economia Mensal
R\$ 791,14	R\$ 72,10	R\$ 719,04

Fonte: Ecosol.

O projeto total teve um custo de aproximadamente R\$ 27.000,00. O *payback* do sistema fotovoltaico foi calculado a partir da [Equação 13](#), utilizando 12 meses como parâmetro de tempo e 0,7841 como o valor do custo unitário da energia em kWh na região.

$$Payback = \frac{C_{sistema}(R\$)}{P_{sistema}(kWh) \cdot T(meses) \cdot C_{kWh}(R\$)} = \frac{27.000,00}{1.000 \cdot 12 \cdot 0,7841} = 2,92$$

Com isso, o *payback* do Projeto 5 ocorrerá em aproximadamente 2 anos e 11 meses. O sistema foi aprovado pela concessionária Energisa/PB, implementado e está em pleno funcionamento.

4.2.6 Projeto 6

O sexto projeto foi um sistema fotovoltaico para alimentar uma unidade residencial monofásica localizada na zona urbana de Conceição, Paraíba. A primeira etapa envolveu a coleta de dados da unidade consumidora, suas características e a descrição das cargas instaladas para calcular a demanda, como solicitado pela Energisa/PB. No [Quadro 26](#) apresenta-se a relação das cargas da UC e o cálculo da demanda total.

Quadro 26 – Relação de carga e cálculo de demanda do Projeto 6.

Quantidade	Equipamento	Pot. instalada unitária (W)	Potência total (kW)	Fator de demanda	Demanda (kW)
2	Ar condicionado 16.000 BTUs	1200	2,40	1	2,40
3	Freezer 600 L	850	2,55	1	2,55
20	Lampadas LED	45	0,90	0,5	0,45
	Total		5,85	Total	5,4

Fonte: Próprio Autor.

O arranjo fotovoltaico inicia a partir da escolha do módulo fotovoltaico, para o projeto foi utilizado o modelo TS560S8B-144 da fabricante TSUN com eficiência em torno de 79%. O número de módulos foi calculado com base na [Equação 8](#), utilizando a irradiação solar média diária de 5,52 kWh/m² em Conceição/PB. O sistema fotovoltaico foi projetado para alimentar

um equivalente a 1.000 kWh/mês, resultando em um consumo médio diário de aproximadamente 33,33 kWh, com isso:

$$N_{módulos} = \frac{33,33}{0,56 \cdot 5,52 \cdot 0,79} \approx 13 \text{ módulos}$$

Com base na demanda total calculada na faixa dos 5,4 kW, o sistema fotovoltaico foi projetado para atingir uma potência de pico de 7,28 kWp. O sistema em sua máxima eficiência gera uma potência cerca de 35% maior que a potência demandada, de forma que o sistema garante geração suficiente para suprir a demanda da UC e gerar um excedente. As especificações elétricas do módulo selecionado são apresentados no [Quadro 27](#).

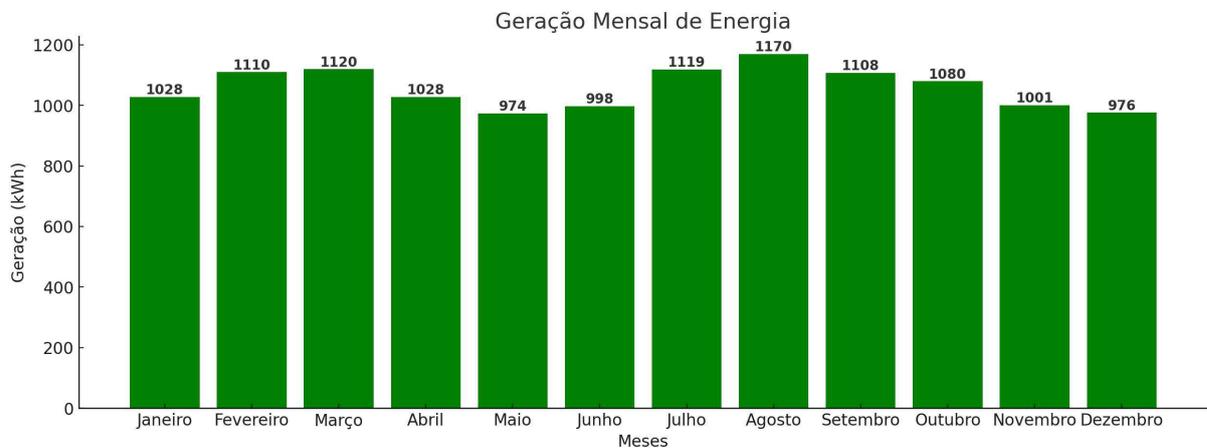
Quadro 27 – Especificações do módulo fotovoltaico TS560S8B-144 da TSUN.

Potência de máxima potência (Pmp)	0,56 kWp
Tensão de máxima potência (Vmp)	42,30 V
Corrente de máxima potência (Imp)	13,25 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	50,10 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	13,98 A

Fonte: Adaptado de TSUN.

O excedente será armazenado junto à concessionária, podendo ser guardado como créditos para uso em momento posterior (até cinco anos) ou para alimentar outra UC utilizando o sistema de compensação. A geração mensal média esperada do projeto é apresentada na [Figura 21](#).

Figura 21 – Geração mensal média esperada do sistema fotovoltaico do Projeto 6.



Fonte: Ecosol.

Para complementar o arranjo foi escolhido o inversor R5-6K-S2-15 da fabricante SAJ que suporta uma potência máxima de pico de 45 kWp, 2 MPPT com 1 *string* cada e atende os requisitos técnicos do projeto, incluindo proteção contra inversão de polaridade CC, curto-circuito, sobrecorrente de saída, sobretensão e ilhamento. Monitoramento de rede, proteção de temperatura e monitorização de strings. As especificações elétricas do inversor selecionado são apresentados no [Quadro 28](#).

Para completar o arranjo é necessário calcular a quantidade máxima de módulos a serem conectados em cada *string* utilizando a [Equação 9](#):

$$N_{max.módulos/string} = \frac{600 V}{50,10 V} = 11,98 \rightarrow 11 \text{ módulos por string}$$

Quadro 28 – Especificações do inversor SAJ R5-6K-S2-15.

Entrada CC		Saída CA	
Potência máxima de entrada	9 kW	Potência nominal de saída	6 kW
Tensão máxima de entrada	600 V	Potência máxima de saída	6 kW
Tensão nominal CC	360 V	Tensão nominal CA	220 V
Corrente de máxima potência	15 A	Corrente nominal de saída	26,1 A
Corrente de curto-circuito	18 A	Corrente máxima de saída	27,3 A

Fonte: Adaptado de SAJ.

Com isso, o arranjo foi definido em 1 *string* de 7 módulos e 1 *string* de 6 módulos. O sistema foi dimensionado para uma corrente máxima de operação de 27,3 A, assim, como critério da ABNT a seção nominal do cabeamento utilizado no projeto foi de 6 mm². O circuito de proteção CA contém: DPS classe II 15 kA e disjuntor monopolar CA de 32 A. No [Quadro 29](#) detalha-se as especificações do projeto e os componentes utilizados em sua execução.

Quadro 29 – Especificações dos componentes do Projeto 6.

Componentes	Quantidade	Fabricante	Modelo	Característica Elétrica
Módulos fotovoltaicos	13	TSUN	TS560S8B-144	Potência individual: 0,56 kWp Potência total: 7,28 kWp
Inversor	1	SAJ	R5-6K-S2-15	Potência total: 8 kWp Tensão: 220 V (monopolar)
Proteção CC	-	SAJ	Incluso no inversor	-
Proteção CA	2	SPK	DPS CA 15 kA	-
	1	STECK	Disjuntor monopolar CA 32 A	
Cabeamento	30 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Vermelho	Seção: 6 mm ²
	30 m	Sil	Cabo Fotovoltaico Preto	Seção: 6 mm ²
	30 m	Sil	Cabo flexível PVC/Cobre verde	Seção: 6 mm ²
Conectores	2	JAC	Kit Conector MC4 Macho/Femea	-
Aterramento	1	-	Kit (haste de aterramento, caixa de junção e conectores)	-

Fonte: Próprio Autor.

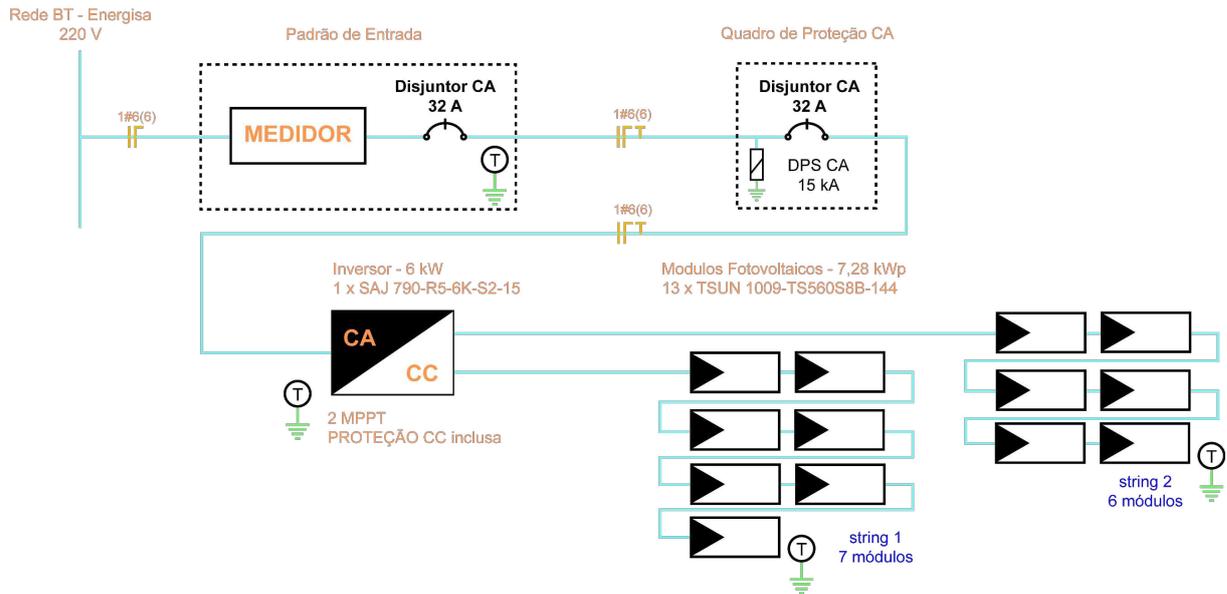
O sistema de aterramento já existia na UC, como recomendação da Energisa foi instalado um novo sistema de aterramento para o projeto e conectado ao sistema pré-existente, contendo: 1 haste de aterramento para as *strings*, o inversor e o circuito de proteção CA. Para conexão foi utilizado 30 metros de Cabo flexível PVC/Cobre verde 6 mm². Com base nos componentes selecionados para execução do projeto é possível montar o diagrama unifilar do projeto utilizando o software Adobe Illustrator, visto na [Figura 22](#).

O sistema foi instalado em telhado cerâmico e a área total do arranjo foi de 30 m². O inversor utilizado tem capacidade máxima de 14 painéis, possibilitando ao cliente em um momento posterior adicionar mais 1 módulo em seu sistema.

Realizando a análise financeira do projeto pode-se inicialmente comparar os custos de energia com e sem geração própria, deve-se se levar em consideração o ICMS e a taxa de iluminação pública, que são obrigatoriamente inclusas na fatura de energia. O método utiliza dados de faturas anteriores da UC, obtendo o histórico de consumo e custos. No [Quadro 30](#) apresentou-se o procedimento para determinar a economia mensal e anual do projeto para o primeiro ano.

O projeto total teve um custo de aproximadamente R\$ 30.000,00. O *payback* do sistema fotovoltaico foi calculado a partir da [Equação 13](#), utilizando 12 meses como parâmetro de tempo e 0,7841 como o valor do custo unitário da energia em kWh na região.

Figura 22 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do Projeto 6.



Fonte: Próprio Autor.

Quadro 30 – Custo de energia com e sem geração própria para o Projeto 6.

Custo anual de energia com Geração Própria	Custo anual de energia sem Geração Própria	Economia Anual
R\$ 9.488,00	R\$ 856,88	R\$ 8.631,12
Custo mensal de energia com Geração Própria	Custo mensal de energia sem Geração Própria	Economia Mensal
R\$ 790,67	R\$ 71,41	R\$ 719,26

Fonte: Ecosol.

$$Payback = \frac{C_{sistema}(R\$)}{P_{sistema}(kWh) \cdot T(meses) \cdot C_{kWh}(R\$)} = \frac{30.000,00}{1.000 \cdot 12 \cdot 0,7841} = 3,19$$

Com isso, o *payback* do Projeto 6 ocorrerá em aproximadamente 3 anos e 2 meses. O sistema foi aprovado pela concessionária Energisa/PB, implementado e está em pleno funcionamento.

4.3 Visitas Técnicas

Durante a vigência do estágio, foram realizadas visitas técnicas às instalações projetadas pela Ecosol, onde foi possível conhecer os dispositivos que compõem o sistema de geração, assim como visualizar as particularidades de cada projeto e verificar se as instalações seguem as diretrizes estabelecidas nas resoluções normativas.

Uma das visitas foi um projeto instalado pela Ecosol de uma UC trifásica com o sistema inicialmente projeto e homologado para gerar 45 kWp. Para o arranjo fotovoltaico desse projeto foram utilizados: 80 módulos fotovoltaicos TSUN TS560S8B-144 de 0,56 kWp cada e 2 unidades do inversor GoodWe 15KW GW15KT-DT com 3 MPPT e 2 *strings* cada. Esse modelo de inversor suporta até 22,5 kWp de entrada CC, dessa forma, a configuração selecionada atende os requisitos de potência instalada do projeto. Para complementar o arranjo definiu-se 4 *strings* para cada inversor. Na Figura 23 apresenta-se o arranjo fotovoltaico do sistema de geração instalado pela Ecosol e visitado pelo aluno.

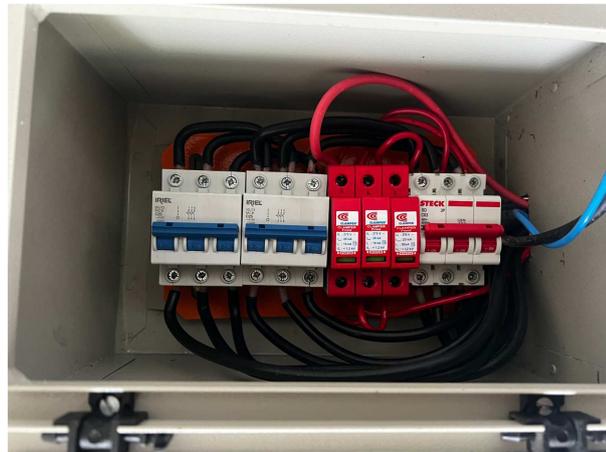
Figura 23 – Visita técnica em sistema de geração instalado pela Ecosol em Conceição, PB.



Fonte: Próprio Autor.

Levando em consideração a utilização dos 2 inversores, para o circuito de proteção CA é necessário realizar uma proteção individual para a saída de cada inversor por meio de 2 disjuntores tripolares classe C de 25 A, após a proteção individual a saída dos disjuntores é conectada a outro disjuntor tripolar classe C de 63 A e aos DPS como é possível ver na [Figura 24](#). A proteção CC ficou a cargo do inversor, que contém as especificações necessárias seguindo norma da concessionária.

Figura 24 – Circuito de proteção CA em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Conceição, PB.



Fonte: Próprio Autor.

Para a instalação do projeto foi necessário a construção de um pavimento de 2 m² para armazenar os inversores e os circuitos de proteção, o sistema de aterramento dos inversores e módulos foi implementado utilizando 4 hastes de aterramento. O pavimento construído, os inversores e circuitos de proteção são apresentados na [Figura 25](#).

O processo de execução do projeto durou cerca de 2 semanas devido a complexidade da estrutura. Os módulos foram fixados no solo utilizando estrutura de metalon apoiada sob canos "cimentados" no solo. A conexão dos módulos foi feita utilizando pares de conectores MC4 e distribuídas nas 4 *strings* mencionadas.

Figura 25 – Inversores e circuito de proteção CA em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Conceição, PB.



Fonte: Próprio Autor.

O cliente solicitou aumento na sua capacidade de geração, adicionando cerca de 28 módulos de 0,56 kWp em seu sistema de mesmo modelo instalado anteriormente. Assim a capacidade de geração deve ser de aproximadamente 60 kWp, um incremento de 25% com relação ao projeto inicial. Dessa forma, para atender os requisitos de potência do sistema, recomendou-se duas possíveis soluções: a troca dos inversores por modelos que suportem 30 kWp cada ou a troca de um dos inversores por um modelo que suporte até 40 kWp. O cliente optou pela primeira sugestão, visto que, tem interesse de aumentar sua capacidade de geração em breve. Para realizar a tarefa deve-se também redimensionar o circuito de proteção CA e o cabeamento se necessário. Esse processo de substituição deve ser homologado novamente junto à Energisa/PB, caso aprovado, será executado pela Ecosol nos próximos meses com base nos processos descritos na [subseção 4.2](#).

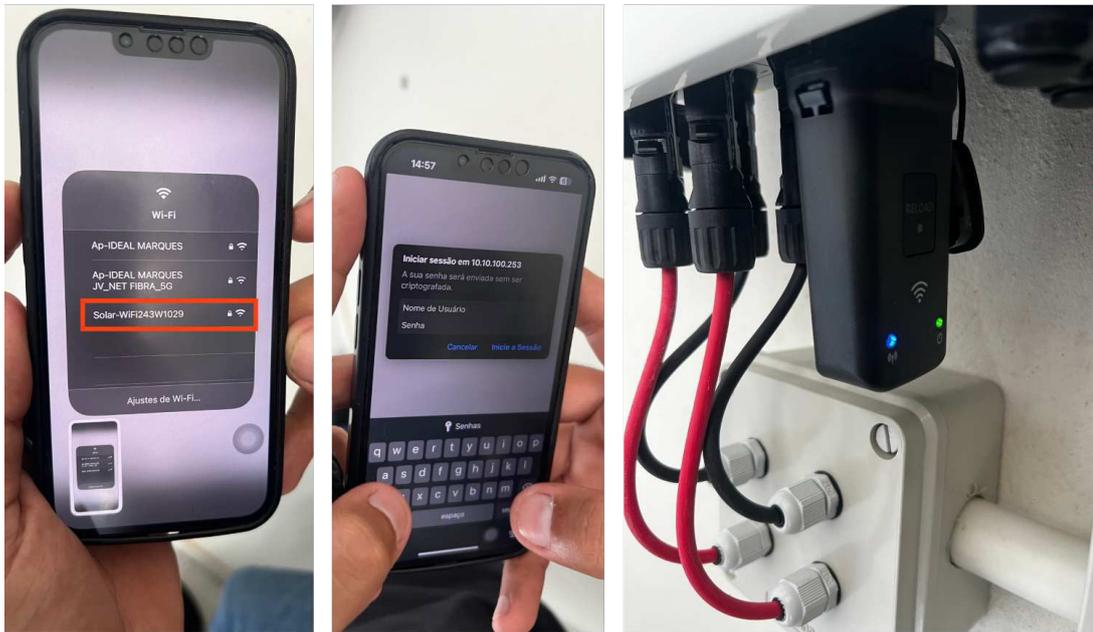
4.4 Parametrização do Inversor GoodWe GW6000-DNS-30

Durante uma visita em uma instalação que estava sendo executada pela Ecosol de uma UC monofásica em Diamante/PB com geração projetada de 7,41 kWp que contém 13 módulos fotovoltaicos de 0,56 kWp. Para o arranjo fotovoltaico desse projeto foi utilizado uma unidade do inversor GoodWe GW6000-DNS-30 com potência de entrada CC de no máximo 10,8 kWp. Após a conclusão do processo de instalação da estrutura, dos módulos fotovoltaicos, conexão do cabeamento e sistema de aterramento ao sistema de alimentação da UC, foi apresentado pelo engenheiro supervisor o procedimento para parametrizar o inversor selecionado.

O processo se inicia ligando o inversor e configurando sua conexão com a internet a partir de um sinal WiFi emitido por um dispositivo acoplado ao inversor (*datalogger*). Para a conexão foi utilizado um telefone móvel e conectado à rede Solar-WiFi243W1029, após a conexão deve-se acessar um endereço IP determinado no manual do inversor, neste caso: 10.10.100.253, preencher o nome do usuário e senha (definidos como padrão: *admin*, 12345678), após conexão concluída, o dispositivo de rede do inversor emite uma luz azul, o procedimento de conexão a rede é apresentado na [Figura 26](#).

Após a conexão é necessário validar o dispositivo a partir da leitura de um código de barras que se encontra na carcaça do inversor como é possível ver na [Figura 27](#), assim como as principais características elétricas do equipamento.

Figura 26 – Procedimento de conexão a rede WiFi para o inversor GoodWe GW6000-DNS-30 em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Diamante, PB.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 27 – Especificações do inversor GoodWe GW6000-DNS-30 em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Diamante, PB.

GOODWE

Nome : Inversor On-Grid
Modelo : GW6000-DNS-30

Vmáx. PV: 600V_{cc}
 Intervalo de tensão do MPPT: 40...560V_{cc}
 Máx. Corrente PV: 16/16A_{cc}
 Isc PV: 23/23A_{cc}

Tensão nominal da rede: 220/230/240V_{ca}
 Frequência Nominal: 50/60Hz
 Corrente c.a. Máxima: 28.8A_{ca}
 Potência ativa nominal: 6kW
 Potência Aparente Nominal/Máxima: 6/6.6kVA

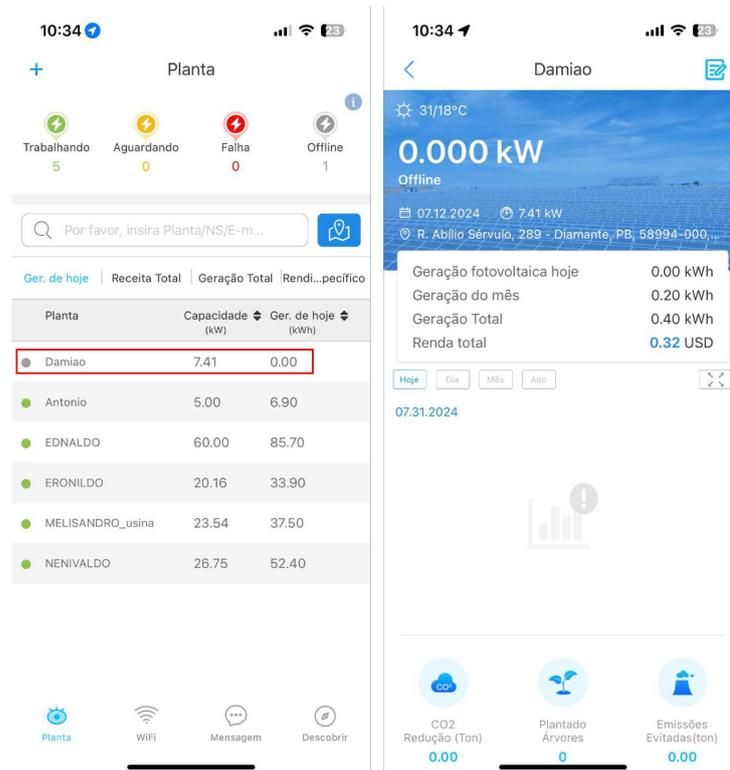
Topologia do Inversor: Não Isolado
 Fator de Potência: Padrão >0,99, 0,8 cap...0,8 ind
 Temperatura de Operação: -25...60°C
 Categoria de sobretensão: DCII, ACIII
 Classificação IP: IP66
 Classe de proteção: Classe I

Número de série: **56000DSC243W1029**

Fonte: Próprio Autor.

Após a validação é possível acessar a plataforma Sems Portal disponibilizada pela GoodWe para configuração dos parâmetros. Na [Figura 28](#) (a) apresenta-se a interface do aplicativo para IOS e contém os projetos elaborados pela Ecosol que utilizam inversores da GoodWe, as plantas ativas obtêm *status* ligado e são sinalizadas com um ícone verde, enquanto as plantas inativas obtêm *status* desligado e são sinalizadas com um ícone cinza. O projeto em destaque é denominado "Damiao" e corresponde à UC do inversor a ser configurado.

Figura 28 – Interface da plataforma Sems Portal utilizada na configuração do inversor GoodWe GW6000-DNS-30.



Fonte: Próprio Autor.

A interface apresentada na [Figura 28](#) (b) contém as informações da UC "Damiao", que encontra-se desativada até liberação pela concessionária. Resultando em dados de geração atual nulos. A capacidade de geração, o histórico de geração e os descontos com custo de energia do projeto são outros dados observados. Neste ambiente pode-se também realizar a configuração do inversor. O ajuste dos parâmetros se dá com base nas normas determinadas pela Energisa/PB, das quais as principais são apresentadas no [Quadro 31](#).

Os inversores modernos geralmente são pré-configurados pelo fabricante, simplificando o processo, dessa forma, foi verificado se o padrão de fábrica se adequa às normas, neste caso não foram necessárias alterações. Como citado, após parametrização do inversor o sistema é desligado até que a concessionária realize vistoria técnica e troca do medidor da UC (visto na [Figura 29](#)) para o modelo bidirecional e faça a homologação do sistema para liberar a geração própria.

Quadro 31 – Ajustes recomendados das proteções para inversores em sistemas de geração distribuída na rede da Energisa.

Descrição	Parâmetros	Tempo de Atuação
Proteção de Subtensão	$V < 0,8 \text{ p.u.}$	em até 0,2 s
Proteção de Subtensão	$V > 1,10 \text{ p.u.}$	em até 0,2 s
Proteção de Subfrequência	$f < 57,0 \text{ Hz}$	em até 0,2 s
Proteção de Sobre frequência	$f > 63,0 \text{ Hz}$	em até 0,2 s
Falta na rede: O inversor desliga o sistema e isolar a geração da rede	Ilhamento	em até 0,2 s
Desconexão: Após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede	Reconexão	após 180 s

Fonte: Adaptado de [Energisa \(2024\)](#).

Figura 29 – Inversor, circuito de proteção e medidor com placa de sinalização em visita técnica a projeto instalado pela Ecosol em Diamante, PB.



Fonte: Próprio Autor.

5 Considerações Finais

Diante do exposto, o estágio proporcionou uma experiência profissional fundamental para formação do aluno, vivenciando os desafios da profissão no dia a dia. A etapa de treinamento, realizada de forma remota foi fundamental, pois, a partir de uma revisão da literatura foi possível entender a energia solar e seus fundamentos, assim como as normas técnicas vigentes e os dispositivos que compõe o sistema fotovoltaico, obtendo o conhecimento necessário para projetar os projetos demandados. Vale salientar a importância dos conhecimentos teóricos adquiridos na graduação, com ênfase nas disciplinas relacionadas à eletrotécnica, tais como: Instalações Elétricas, Sistemas Elétricos, Proteção de Sistemas Elétricos e Geração de Energia.

As visitas técnicas foram, sem dúvida, o ponto-chave do estágio, pois proporcionaram a vivência *in loco* do processo de instalação de um sistema fotovoltaico, desde a montagem das estruturas, instalação e conexão dos módulos fotovoltaicos, inversor, circuito de proteção CA e conexão do sistema na rede da Energisa/PB, até a parametrização do inversor e manutenção de um sistema pré-instalado. Durante visita foi possível observar a alta popularidade da energia solar na região, com ênfase nos estabelecimentos comerciais e residências. A previsão é de larga expansão da tecnologia nos próximos anos, devido aos incentivos fiscais e crédito facilitado junto ao Banco do Nordeste.

Em suma, o estágio possibilitou uma imersão no mercado de energia solar. Sendo de grande valia o entendimento de como projetar, homologar junto à concessionária e executar um projeto fotovoltaico seguindo as normas técnicas. Desta forma, o estagiário pretende seguir atuando na área criando sua própria empresa. Acredita-se que o estágio cumpriu seu papel acadêmico de validar a formação teórica junto ao mercado do trabalho. Pode-se recomendar para a coordenação do curso de Engenharia Elétrica da UFCG adicionar uma disciplina eletiva ao currículo acadêmico que apresente ao graduando a Energia Solar e os fundamentos que regem os sistemas fotovoltaicos nos moldes da disciplina Introdução a Sistemas Fotovoltaicos, Dimensionamento e Instalação da USP/São Carlos.

Referências

- ABNT. *Instalações Elétricas de Baixa Tensão*. Brazil, 2008. NBR 5410:2004 versão corrigida. Citado na página 24.
- ABNT. *Instalações elétricas de Arranjos Fotovoltaicos*. Brazil, 2019. NBR 16690:2019. Citado na página 24.
- ANEEL. *Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012*. Brasil, 2012. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 4 de junho de 2024. Citado na página 23.
- ANEEL. *Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015*. Brasil, 2015. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 4 de junho de 2024. Citado na página 23.
- ANEEL. *Resolução Normativa ANEEL Nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023*. Brasil, 2023. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.pdf>>. Acesso em: 4 de junho de 2024. Citado na página 23.
- COSTA, D. A. C. Relatório de estágio supervisionado solar nobre. *UAEE, UFCG*, 2022. Citado na página 22.
- ENERGISA. *NDU 001 - Fornecimento de energia elétrica a edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades consumidoras*. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/4bLkGVe>>. Acesso em: 5 de junho de 2024. Citado na página 24.
- ENERGISA. *NDU 013 - Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição*. Brasil, 2024. Disponível em: <<https://bit.ly/3Vs73Ev>>. Acesso em: 4 de junho de 2024. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 53.
- General Electric. *AFCI - Proteção Contra Arco Elétrico CC*. 2024. Online. Disponível em: <<https://br.gesolarinverter.com/news/AFCI-PROTECAO-CONTRA-ARCO-ELETRICO-CC-.html>>. Citado na página 21.
- IRENA. *Renewable Power Generation Costs in 2020*. [S.l.], 2021. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>>. Acesso em: 29 de maio de 2024. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.
- KARTHIKEYAN, V. et al. Grid-connected and off-grid solar photovoltaic system. 2017. Citado na página 14.
- KHAH, M. V. et al. Optimal sizing of residential photovoltaic and battery system connected to the power grid based on the cost of energy and peak load. *Heliyon*, Elsevier, v. 9, n. 3, 2023. Citado na página 14.
- LEMOS, E. V. B. Relatório de estágio supervisionado solar nobre. *UAEE, UFCG*, 2022. Citado 6 vezes nas páginas 13, 14, 19, 22, 23 e 25.
- LEMOS, N. *Critérios para especificar e comparar DPS de energia*. 2021. Disponível em: <<https://tel.com.br/especificar-dps-energia/>>. Citado na página 28.
- LOSSIO, B. R. M. Diagnóstico de um dado sistema fotovoltaico aplicado à região do lago sul-df considerando os aspectos técnicos, econômicos e de políticas públicas. 2015. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 21.

MEDEIROS, M. P. L. Relatório de estágio supervisionado solar nobre - energia solar e serviços elétricos. *DEE, UFCCG*, 2021. Citado na página 19.

MORAES, C. *As 7 principais técnicas de MPPT*. Brasil, 2014. Disponível em: <<https://eletronicadepotencia.com/as-7-principais-tecnicas-de-mppt/>>. Acesso em: 14 de junho de 2024. Citado na página 20.

NEOENERGIA. *Conexão de Minigeradores ao Sistema de Distribuição*. Brasil, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/4aTkBxu>>. Acesso em: 11 de junho de 2024. Citado na página 23.

NREL. *PV Education*. [S.l.], 2021. Disponível em: <<https://www.nrel.gov/pv/>>. Acesso em: 29 de maio de 2024. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

OLIVEIRA, I. M. d. *Análise de viabilidade de inversores de frequência aplicados a projetos fotovoltaicos*. Dissertação (B.S. thesis), 2022. Citado na página 19.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. *Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Brasil, 2014. Disponível em: <https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2024. Citado 5 vezes nas páginas 13, 17, 18, 19 e 20.

SEIA. *Solar Industry Research Data*. EUA, 2021. Disponível em: <<https://www.seia.org/solar-industry-research-data>>. Acesso em: 29 de maio de 2024. Citado na página 16.

SOLAR, P. *Payback de energia solar: o que é e como calculá-lo*. 2024. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/payback-energia-solar>>. Citado na página 29.

SOPRANO. *Proteção AFCI nos Inversores Solis: como ativar?* 2024. Disponível em: <<https://www.soprano.com.br/blog/protecao-afci-nos-inversores-solis-como-ativar>>. Citado na página 21.

SOUZA, L. P. de. Relatório de estágio integrado teccel energia solar. *UAEE, UFCCG*, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 17.

SOUZA, R. T. de. *Dimensionamento de Condutores Elétricos*. [S.l.], 2019. Acesso em: 4 de agosto de 2024. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

URBANETZ, J. Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade. *Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis*, p. 189, 2010. Citado na página 14.

VINTURINI, M. *Entenda as especificações básicas dos componentes da string box*. [S.l.], 2019. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/entenda-as-especificacoes-basicas-string-box/>>. Acesso em: 13 de junho de 2024. Citado na página 21.

WEF. *The Future of Electricity: New Technologies Transforming the Grid Edge*. [S.l.], 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/4b58eOK>>. Acesso em: 29 de maio de 2024. Citado na página 17.

WOLLZ, D. *Técnicas de Rastreamento do Ponto de Máxima Potência (MPPT'S)*. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/4bYDn81>>. Acesso em: 12 de junho de 2024. Citado na página 13.

Anexos

ANEXO A – Formulário de Solicitação de Orçamento de Conexão - Energisa

 FORMULÁRIO DE ORÇAMENTO DE CONEXÃO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	
1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA (UC)	
1-Documentos de identificação do consumidor, conforme incisos I e II do art. 67 da Resolução Normativa nº 1.000/2021;	X
1.1-Pessoa jurídica, apresentação dos documentos relativos à sua constituição, ao seu registro e dos seus representantes legais;	
1.2-Pessoa física, apresentação de: a) Cadastro de Pessoa Física – CPF, desde que não esteja em situação cadastral cancelada ou anulada de acordo com instrução normativa da Receita Federal; e b) Carteira de Identidade ou outro documento de identificação oficial com foto e, no caso de indígenas, podendo ser apenas o Registro Administrativo de Nascimento Indígena – RANI;	X
1.3-Endereço das instalações (ou número de identificação das instalações já existentes) e o endereço ou meio de comunicação para entrega da fatura, das correspondências e das notificações;	X
1.4-Declaração descritiva da carga instalada;	X
1.5-Informação das cargas que possam provocar perturbações no sistema de distribuição;	X
1.6-Informação e documentação das atividades desenvolvidas nas instalações;	X
1.7-Apresentação de licença ou declaração emitida pelo órgão competente caso as instalações ou a extensão de rede de responsabilidade do consumidor e demais usuários ocuparem áreas protegidas pela legislação, tais como unidades de conservação, reservas legais, áreas de preservação permanente, territórios indígenas e quilombolas;	X
1.8-Documento, com data, que comprove a propriedade ou posse do imóvel onde será implantada a central geradora ou, no caso de unidade flutuante, autorização, licença ou documento equivalente emitido pelas autoridades competentes;	X
1.9-Indicação de um ponto de conexão de interesse, da tensão de conexão, do número de fases e das características de qualidade desejadas, que devem ser objeto da análise de viabilidade e de custos pela distribuidora. (Opcional)	X
2. Documentação Técnica	
2.1-Documento de responsabilidade técnica (projeto e execução) do conselho profissional competente, que identifique o número do registro válido e o nome do responsável técnico, o local da obra ou serviço e as atividades profissionais desenvolvidas, caso seja exigível na legislação específica e na forma prevista nessa legislação.	X
2.2-Indicação do local do padrão ou da subestação de entrada no imóvel, exclusivamente nos casos em que ainda não estiverem instalados ou houver previsão de necessidade de aprovação prévia de projeto na norma técnica da distribuidora	X
2.3-Diagrama unifilar e de blocos e memorial descritivo do sistema de geração e proteção;	X
2.4-Relatório de ensaio, em língua portuguesa, atestando a conformidade de todos os conversores de potência para a tensão nominal de conexão com a rede, sempre que houver a utilização de conversores.	X
2.5-Dados necessários ao registro da central geradora distribuída conforme disponível no site da ANEEL	X
2.6-Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação, indicando o percentual ou a ordem de utilização dos excedentes. (Opcional)	X
2.7-Cópia de instrumento jurídico que comprove a participação dos integrantes para os casos de múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada. (Caso aplicável)	X
2.8-Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (Caso aplicável)	X
2.9-Dados de segurança das barragens no caso do uso de sistemas com fontes hídricas, conforme Resolução Normativa nº 696/2015. (Caso aplicável)	X
2.10-Para centrais fotovoltaicas enquadradas como despacháveis, comprovação de que o sistema de armazenamento atende o disposto no art. 655-B da Resolução Normativa nº 1.000/2021. (Caso aplicável)	X
2.11-Documento que comprove o aporte da Garantia de Fiel Cumprimento, se aplicável, conforme previsto no art. 655-C da Resolução Normativa nº 1.000/2021. (Caso aplicável)	X
3. SOLICITAÇÕES E DECLARAÇÕES	
3.1-Solicita a vistoria após a aprovação da solicitação de orçamento? Sim: caso o sistema de geração já esteja implantado. Caso a vistoria seja reprovada devido o sistema não está instalado, a solicitação de orçamento estará passível de indeferimento. Não: Neste caso deverá ser solicitado a vistoria pelo AWGPE após a implantação do sistema de geração.	SIM
3.2-Renuncio ao direito de desistir do orçamento de conexão nos termos dos §§ 7º e 8º do art. 89 da Resolução Normativa nº 1.000/2021. (Opcional)	X
3.3-Autorizo a distribuidora a entregar junto com o orçamento de conexão os contratos e o documento ou meio para pagamento de custos de minha responsabilidade. (Opcional)	X
3.4-Declaro que as instalações internas da minha unidade consumidora, incluindo a geração distribuída, atendem às normas e padrões da distribuidora, às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e às normas dos órgãos oficiais competentes, e ao art. 8º da Lei nº 9.074, de 1995, naquilo que for aplicável. (Obrigatório)	X



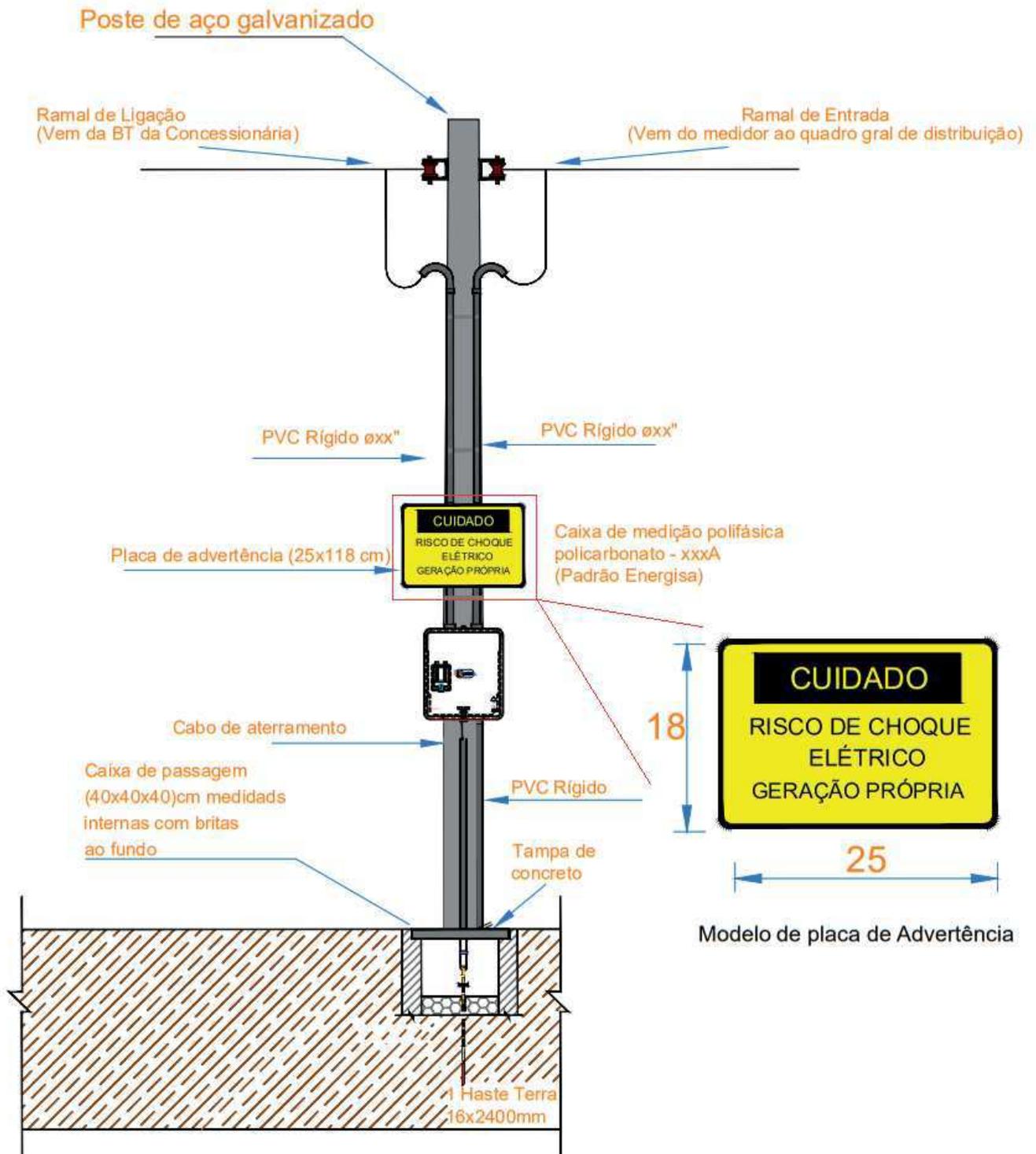
FORMULÁRIO DE ORÇAMENTO DE CONEXÃO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC									
Código da UC:	123	Classe:	COMERCIAL						
Títular da UC:	f								
Logradouro:	f								
N°:	0	Bairro:	f			UF:	MT	CEP:	12345-678
E-mail:	0@0					Cidade:	Araponga		
Telefone:						Celular:	(63) 9 9999-9999		
CNPJ/CPF:	123.456.789-45								
2. DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA NO ATO DA VISTORIA - UC									
Potência Instalada (kW):	121	Tensão de Atendimento (V):	115/230						
Tipo de Conexão:	BIFÁSICO								
Tipo de Ramal:	AÉREO								
3. DADOS DA GERAÇÃO									
Potência Instalada de Geração (kWp):	0,00								
Tipo da Fonte de Geração:	SOLAR FOTOVOLTAICA				Tipo de Geração:	Outra (especificar no campo observação):			
5. CONTATOS NA DISTRIBUIDORA									
Responsável/Área:	Energisa Mato Grosso								
Telefone	0800 646 4196	E-mail:	projetoaparticular.emt@energisa.com.br						
GISA	Energisa Mato Grosso	LINK GISA	https://Lead.me/bbChFY						
6. DADOS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO:									
Cliente/Procurador Legal:									
Telefone					E-mail:				
<div style="border-top: 1px solid black; width: 100%; margin-top: 5px;"></div>									
Assinatura do Responsável									

ANEXO B – Memorial Descritivo de Geração Distribuída - Energisa

 MEMORIAL DESCRITIVO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA UFV-SOLAR									
1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC									
Código da UC:	123		Classe:	COMERCIAL		CNPJ/CPF:	123.456.789-45		
Titular da UC:	F								
Logradouro:	F								
N°:	0	Bairro:	F		Cidade:	ARAPONGA			
E-mail:	0@0		UF:	MT		CEP:	12345-678		
Telefone:			Celular:	63999999999		N° de fases:	Ramal		
Tipo do Padrão:	Nível de tensão (V)		Potencia Máxima Disponibilizada (kW):			2		AÉREO	
BIFASICO		115/230							
Disjuntor geral (A)	Fator de Potencia		Demanda Contratada (kW):		DPS CA (kA)	DISJUNTOR CA	DPS CC (kA)	DISJUNTOR CC	
Modalidade	Potencia Trafo:		Numero de hastes						
Coordenadas do padrão de entrada em UTM:			FUSO		X (LONG)		Y (LAT)		
Tipo Tensão:	Cabos por fase:	Potencia De Geração (Kwp):	Bitola Fase:	Bitola Neutro:	Bitola Terra:	Sistema GD já instalado?	Previsão de ligação (Mês):		Zona:
BAIXA							Mês:	Ano:	
Observações:									
2. CARACTERÍSTICAS DA GERAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA									
Estrutura dos paineis utilizados na usina:									
N°	Qtd.	Fabricante		Modelo dos paineis		Area total do arranjo (M²)	Potência (kW)	Subtotal (kW)	
1									
2									
3									
4									
5									
						Area Total:	0m²	Potencia Total (kW):	0
Estrutura do(s) inversor(es) utilizado(s) na usina:									
N°	Qtd.	Fabricante		Modelo do(s) inversor(es)		Potência (kW)	Subtotal (kW)	Tensão nominal (V)	
1								220	
2									
3									
4									
							Potencia Total (kW):	0	
NECESSITA DE AUTOTRAFO OU DE TRANSFORMADOR DE ACOPLAMENTO?									
						POTÊNCIA:			
ATENDIMENTO COM TRAFOS EXCLUSIVO (GRUPO "A" E CONSUMIDORES RURAIS)?									
						POTÊNCIA:			
_____ Assinatura do Projetista									

ANEXO C – Padrão de entrada e sinalização de advertência - Detalhe



ANEXO D – Exemplo de uma Proposta Comercial da Ecosol

**PROPOSTA COMERCIAL**

Engenheiro Eletricista
EVERALDO JÚNIOR

 (83) 9 9125-5236  @ecosol.eng

Dados Cliente:

Cliente: [REDACTED], CPF: [REDACTED]

Endereço: [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED] - [REDACTED]

Dados Técnicos Projeto:

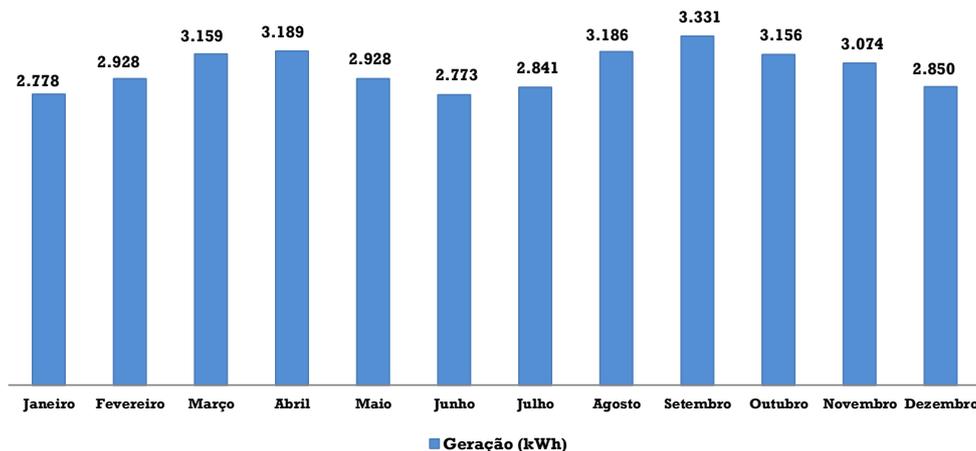
Tendo em vista uma média de consumo igual a 1.000 kWh mensais e a adição de 01 Bomba de 5cv para Irrigação que será utilizado por 15 horas ao dia, além de 01 Motor de Forrageira de 3cv utilizado por 3 horas ao dia, trazem um aumento no consumo em 2.000 kWh ao mês, totalizando assim um consumo de **3.000kWh/mês**. Sendo assim, faz-se necessário uma geração mensal de 3.000 kWh mensais. Instalaremos um Sistema Fotovoltaico com média de Geração energética de **3.000 kWh/mês**.

Garantimos em contrato uma geração de energia de 80% da capacidade do sistema, sendo assim, instalaremos um sistema com previsão de geração média de **3.000 kWh mensais** e com possibilidade de uma geração maior do que a prevista, sendo essa capacidade equivalente a uma geração energética de **3.750 kWh mensais**.

Previsão de Geração	3.000 kWh/mês
Geração diária necessária no sistema solar	100 kWh/dia
Taxa de Irradiação Solar Média (Horas de Sol Pico - HSP)	6,01
Potência de pico de geração	19,80 kWp

Obs.: Todo sistema de geração garante 80% de eficiência

Observamos que a geração varia mês a mês, e nos meses em que o sistema gerar mais que o consumo médio, será armazenado uma "sobra" na concessionária, que **poderá ser utilizada em até 05 anos**, fazendo com que nos meses que o sistema gere menos do que o consumo, a concessionária **devolva os créditos gerados**.



Economia mensal:

Considerando um consumo de **3.100 kWh/mês** a um custo atual de **R\$0,7499** por Quilowatt-hora, o custo mensal de energia gira em torno de **R\$ 2.381,73** incluindo as taxas adicionais cobradas pela concessionária. Com a instalação do sistema que apresenta uma geração média de **3.000 kWh/mês**, o cliente terá uma economia de **86%** no valor geral da sua conta de energia.

NÓS CUIDAMOS
DE TUDO!

PROJETO - INSTALAÇÃO - HOMOLOGAÇÃO

ORÇAMENTO

POTÊNCIA DO SISTEMA (19,80 kWp):

Composto por 01 Inversor de 15kVA e 36 Painéis de 550W, o sistema garante uma Geração média de **3.000 kWh/mês**, equivalentes a **R\$ 2.049,06** de acordo com o valor do Quilowatt-hora (kWh) vigente na data deste orçamento e das taxas adicionais na fatura, foi considerado também o imposto de **ICMS cobrado em 60% da geração**, sendo essa a porcentagem média de energia que será injetada na rede pelo sistema. Contudo, o sistema ainda pode chegar em 100% de eficiência de geração, gerando **3.750 kWh/mês**, equivalente a **R\$ 2.433,40** em economia de energia.

O Sistema, que será instalado em **ESTRUTURA METALICA DE SOLO**, é composto pelos equipamentos escritos abaixo.



Imagem meramente ilustrativa*

- 01 Inversores Solar On-Grid Trifásico, potência de **20kVA** tensão 380 V, garantia de 10 anos mediante substituição.
- 36 Painéis Solar 550 W, 12 anos de garantia do material e 25 anos de garantia de geração.
- Estrutura para 36 Painéis Solar instalados em **ESTRUTURA DE SOLO**.
- 100 metros de Cabo Fotovoltaico Vermelho 4mm², certificado pelo INMETRO.
- 100 metros de Cabo Fotovoltaico Preto 4mm², certificado pelo INMETRO.
- 01 **StringBox CC**, para Corrente Contínua.
- Proteção CA, para Corrente Alternada.
- 06 Kit Conector MC4 Macho/Fêmea.
- Sistema de Aterramento Completo.

Material / Serviço	Valor Unit.	Valor Total
36 Painéis Solar BYD 550W	R\$ 1.850,00	R\$ 66. 600,00
01 Inversor Solar On-Grid 20kW	R\$ 16.470,00	R\$ 16.470,00
Estrutura Metálica de Fixação	R\$500,00	R\$ 500,00
Mão de Obra Especializada	R\$1.000,00	R\$1.000,00
VALOR TOTAL DO PROJETO		R\$ 84.570,00

OBS.: O Inversor desse sistema tem capacidade máxima de **50 Painéis**.

VALOR FINAL = R\$84.570,00

NÓS CUIDAMOS
DE TUDO!

PROJETO - INSTALAÇÃO - HOMOLOGAÇÃO

ANÁLISE FINANCEIRA

Conta de energia anual sem a ECOSOL Engenharia	Conta de energia anual com a ECOSOL Engenharia	ECONOMIA ANUAL
R\$ 28.580,76	R\$ 3.992,09	R\$ 24.588,67
Conta de energia mensal sem a ECOSOL Engenharia	Conta de energia mensal com a ECOSOL Engenharia	ECONOMIA MENSAL
R\$ 2.381,73	R\$ 332,67	R\$ 2.049,06

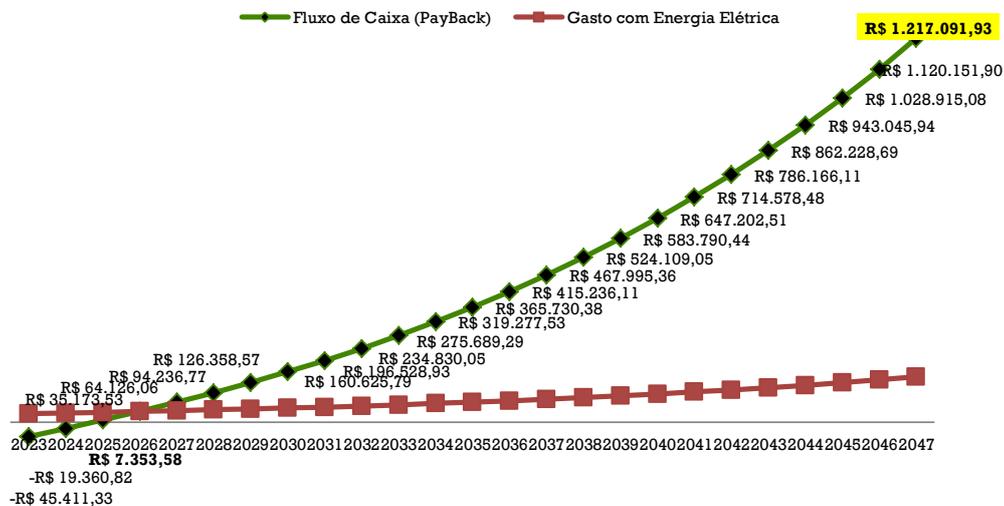
ECONOMIA DE ENERGIA NOS 05 (CINCO) PRIMEIROS ANOS DE GERAÇÃO (3.000 kWh/mês)
Baseado no aumento médio de **7% ao ano** no custo da energia elétrica.

ANO	CUSTO MENSAL DE ENERGIA sem a ECOSOL	CUSTO ANUAL sem a ECOSOL	ECONOMIA ANUAL com a ECOSOL
2021	R\$ 2.381,73	R\$ 28.580,76	R\$ 24.588,67
2022	R\$ 2.548,45	R\$ 30.581,41	R\$ 26.050,51
2023	R\$ 2.726,84	R\$ 32.722,11	R\$ 26.714,40
2024	R\$ 2.917,72	R\$ 35.012,66	R\$ 27.819,95
2025	R\$ 3.121,96	R\$ 37.463,55	R\$ 28.952,53
Total		R\$ 164.360,49	R\$ 134.126,06

Obs: O retorno do Investimento À VISTA ocorre em menos de 03 anos.

PAYBACK:

- O Payback do sistema ocorrerá em aproximadamente **02 Anos e 10 meses**.
- Em 25 anos após a instalação, o cliente obterá uma economia de **R\$ 1.217.091,93**.



NÓS CUIDAMOS
DE TUDO!

PROJETO - INSTALAÇÃO - HOMOLOGAÇÃO

DADOS DA EMPRESA

ECOSOL ENGENHARIA | CNPJ: 44.355.909/0001-38.

Everaldo Deocleciano da Silva Júnior | Engenheiro Eletricista | CREA/PB: 1620604647.

INSTALAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO

Fique tranquilo, nós cuidamos de todo o processo de instalação e da homologação, do sistema de geração de energia, junto à concessionária.

A instalação é um processo seguro, que requer pouca obra civil na sua residência/empreendimento.

O prazo máximo para a homologação do sistema junto à concessionária é de **120 dias** a contar da data de assinatura do contrato.

GARANTIAS E MANUTENÇÃO

A **ECOSOL Engenharia** utiliza os melhores equipamentos que existem no mercado, todos eles compostos dos melhores dispositivos e com bom tempo de garantia.

Equipamento/Serviço	Garantia
Inversor	10 anos
Painéis Solares	12 anos de Material 30 anos de Geração
Instalação	02 anos

Obs: A ECOSOL sempre estará à disposição do cliente em qualquer situação!

NÓS CUIDAMOS
DE TUDO!

PROJETO - INSTALAÇÃO - HOMOLOGAÇÃO

BOM PARA O MEIO AMBIENTE MELHOR AINDA PARA O SEU BOLSO

Faça parte de um mundo mais sustentável !!!

Muito mais energia e com menor despesa.

Deixe sua empresa mais sustentável e valorize o seu imóvel com uma forma mais inteligente de consumir Energia.

VANTAGENS:

Renovável e Limpa,
Sustentável e Lucrativa.

Economia de até 95%
na Conta de Energia.

Garantia de geração
e mais de 30 anos de
vida útil do sistema.

**SEJA VOCÊ O DONO
DE SUA PRÓPRIA
ENERGIA!**

