



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

Tiago de Almeida Santos

Estágio na Allumer Engenharia e Energia

Campina Grande, PB  
16 de maio de 2024

Tiago de Almeida Santos

## Estágio na Allumer Engenharia e Energia

*Relatório de Estágio Supervisionado apresentado à Coordenação  
do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica.

Orientador:  
Helder Alves Pereira, Dr.

Supervisor:  
Rhulio Victor Carvalho Sousa.

Campina Grande, PB  
16 de maio de 2024

Tiago de Almeida Santos

## Estágio na Allumer Engenharia e Energia

*Relatório de Estágio Supervisionado apresentado à Coordenação  
do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

**Bruno Barbosa Albert, Dr.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador, UFCG

---

**Helder Alves Pereira, Dr.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

## Agradecimentos

Primeiramente, quero agradecer a Deus por guiar meus passos e iluminar meu caminho ao longo deste processo. Sua graça e misericórdia foram a força motriz por trás de cada desafio superado e de cada conquista alcançada.

À minha família, meu pai Adão, minha mãe Edilma, meus irmãos Alan, Aécio e Maria Isabel (in memoriam), meu porto seguro, meu alicerce inabalável, não há palavras suficientes para expressar minha gratidão por seu apoio incansável. Seu amor incondicional e encorajamento constante foram a âncora que me manteve firme durante os momentos difíceis.

À Andressa, minha noiva, você foi minha rocha, minha inspiração e minha fonte de apoio inabalável ao longo deste período. Sua presença e seu encorajamento constante tornaram cada desafio mais leve e cada vitória mais doce. Seu amor ilumina meu caminho e me dá forças para perseguir meus sonhos.

Aos meus colegas de Universidade e da vida, que de alguma forma dividiram comigo esse processo de formação e que de alguma forma contribuíram para essa realização.

Por fim, Agradeço aos meus professores, em especial ao professor Helder Alves Pereira, que me orientou nesse estágio, e a todos os outros que formam o corpo docente da Universidade Federal de Campina Grande pelo ensino de qualidade.

*No mundo tereis aflições,  
mas tende bom animo  
eu venci o mundo.  
João 16:33.*

# Resumo

O presente relatório tem o objetivo de descrever as atividades realizadas ao longo do período de estágio supervisionado na empresa Allumer Engenharia e Energia, entre 13 de dezembro de 2023 e 10 de Maio de 2024. Durante esse intervalo, foram cumpridas 30 horas semanais, totalizando 642 horas, sob a supervisão do engenheiro eletricista Rhúlio Victor Luz Carvalho Sousa. As atividades exercidas se concentraram na elaboração de projetos de energia solar fotovoltaica, elaboração de propostas comerciais, desenvolvimento de projetos em conformidade com as normas setoriais, preparação de documentos técnicos para submissão dos projetos e acompanhamento de obras. O estágio tem como finalidade principal solidificar os conhecimentos adquiridos durante o período universitário e enriquecer o aprendizado do estagiário com experiências práticas fora da sala de aula.

**Palavras-chave:** energia solar. estágio supervisionado. projetos fotovoltaicos.

# Abstract

The present report aims to display the activities carried out during the supervised internship period at the company Allumer Engineering and Energy, between december 13, 2023, and May 10, 2023. During this period, 30 hours per week were fulfilled, totaling 642 hours, under the supervision of electrical engineer Rhúlio Victor Luz Carvalho Sousa. The activities focused on the development of photovoltaic solar energy projects, preparation of commercial proposals, development of projects in accordance with sectoral standards, preparation of technical documents for project submission, and site monitoring. The internship's main purpose is to solidify the knowledge acquired during the university period and enrich the intern's learning with practical experiences outside the classroom.

**Keywords:** solar energy. supervised internship. photovoltaic projects.

## Lista de Figuras

1	Logomarca da Allumer Engenharia e Energia . . . . .	11
2	Fachada da Allumer Engenharia e Energia . . . . .	12
3	Portifolio da Empresa. . . . .	13
4	Partes de um módulo fotovoltaico. . . . .	15
5	Funcionamento de uma célula fotovoltaica. . . . .	16
6	Célula Monocristalina. . . . .	17
7	Célula policristalina. . . . .	18
8	Célula de silício amorfo. . . . .	18
9	Representação de um Sistema Ligado à Rede. . . . .	20
10	Sistemas <i>off grid</i> . . . . .	20
11	Representação de um sistema híbrido. . . . .	21
12	Módulo Fotovoltaico. . . . .	22
13	Inversor fotovoltaico. . . . .	22
14	Estrutura de suporte/fixação metálica. . . . .	23
15	string box (caixa de proteção). . . . .	24
16	Condutores: Cabos solares e conectores MC-4. . . . .	24
17	Controlador de carga e bateria para sistemas <i>off grid</i> . . . . .	25
18	Caixa de medição. . . . .	29
19	Estimativa de geração mensal . . . . .	30
20	Placa de advertência. . . . .	35
21	Formulário para submissão do projeto. . . . .	37
22	Formulário para submissão do projeto . . . . .	38
23	Estrutura metálica e suporte para os módulos. . . . .	39
24	Inversor fotovoltaico. . . . .	40
25	Imagem de dvertência. . . . .	40
26	Aterramento. . . . .	41

## Lista de Tabelas

1	Sazonalidade da radiação Solar. . . . .	28
2	Levantamento de carga. . . . .	28
3	Tipo de ligação e tensão de atendimento. . . . .	28
4	Disjuntor de Entrada. . . . .	29
5	Estimativa de geração anual. . . . .	30
6	Características técnicas do gerador. . . . .	31
7	Características técnicas do inversor. . . . .	32
8	Chaves seccionadoras. . . . .	32
9	Disjuntores. . . . .	33
10	DPSes. . . . .	33
11	Aterramento. . . . .	33
12	Requisitos de proteção. . . . .	34
13	Dimensionamento dos cabos. . . . .	34
14	Inversor(es) ao <i>string box</i> CA. . . . .	34
15	<i>String box</i> CA ao ponto de conexão . . . . .	35
16	Características da placa. . . . .	35

## Lista de Siglas e Abreviaturas

- ABNT** Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANEEL** Agência Nacional de Energia Elétrica
- ART** Anotação de Responsabilidade Técnica
- CA** Corrente Alternada
- CC** Corrente Contínua
- CRESESB** Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sálvio Brito
- DPS** Dispositivo de Proteção contra Surtos
- IEEE** Institute of Electrical and Electronic Engineers (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos)
- INMETRO** Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
- MPPT** Maximum Power Point Tracking (Rastreamento do Ponto de Máxima Potência)
- NT** Norma Técnica
- REN** Resolução Normativa
- SFCR** Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
- UC** Unidade Consumidora
- PBE** Programa Brasileiro de Etiquetagem
- PROCEL** Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica
- SPDA** Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>11</b>
1.1	Campo de Estágio . . . . .	11
1.2	Objetivos . . . . .	13
1.3	Organização do Relatório . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>14</b>
2.1	Energia Solar Fotovoltaica . . . . .	14
2.2	A célula Fotovoltaica . . . . .	14
2.2.1	Tipos de células Fotovoltaicas . . . . .	17
2.3	Sistema Fotovoltaico . . . . .	19
2.3.1	Sistemas Conectados à Rede ( <i>On Grid</i> ) . . . . .	19
2.3.2	Sistemas <i>Off Grid</i> . . . . .	20
2.3.3	Sistemas Híbridos . . . . .	20
2.4	Componentes de um Sistema Fotovoltaico . . . . .	21
2.4.1	Módulos Fotovoltaicos . . . . .	21
2.4.2	Inversor Fotovoltaico . . . . .	22
2.4.3	Estrutura de Suporte/Fixação Metálica . . . . .	23
2.4.4	<i>string box</i> (caixa de proteção) . . . . .	23
2.4.5	Condutores: Cabos Solares e Conectores MC-4 . . . . .	24
2.4.6	Controlador de Carga e Bateria para Sistemas <i>Off-Grid</i> . . . . .	24
<b>3</b>	<b>Atividades Desenvolvidas</b>	<b>26</b>
3.1	Treinamentos . . . . .	26
3.2	Orçamentos . . . . .	26
3.3	Projetos Fotovoltaicos . . . . .	27
3.3.1	Elaboração do Projeto . . . . .	27
3.3.2	Levantamento de Carga . . . . .	28
3.3.3	Tipo de Ligação e Tensão de Atendimento . . . . .	28
3.3.4	Disjuntor de Entrada . . . . .	29
3.3.5	Caixa de Medição . . . . .	29
3.3.6	Estimativa de Geração . . . . .	29
3.3.7	Dimensionamento do Gerador . . . . .	30
3.3.8	Dimensionamento do Inversor . . . . .	31
3.3.9	Dimensionamento da Proteção . . . . .	32
3.3.10	Dimensionamento dos Cabos . . . . .	34
3.3.11	Placa de Advertência . . . . .	35
3.4	Submissão do Projeto Junto à Concessionária . . . . .	35
3.5	Acompanhamento de Obras . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Conclusões</b>	<b>42</b>

# 1 Introdução

A etapa de Estágio Supervisionado desempenha um papel crucial na formação acadêmica, proporcionando ao estagiário a oportunidade de imersão em situações práticas que contribuem significativamente para a preparação para a carreira profissional. Este relatório busca detalhar as atividades realizadas durante o estágio supervisionado na empresa Allumer Engenharia e Energia, especificamente no setor de engenharia e vendas, durante o período compreendido entre 13 de dezembro de 2023 a 10 de maio de 2024. A carga horária total desse estágio foi de 642 horas, distribuídas em 30 horas semanais, sob a supervisão do engenheiro eletricitista Rhúlio Victor Luz Carvalho Sousa.

Durante esse período, as atividades desenvolvidas foram cuidadosamente alinhadas com os conhecimentos e competências adquiridos ao longo do curso de Engenharia Elétrica. O foco principal recaiu sobre a elaboração de projetos de energia solar fotovoltaica, uma área de grande relevância e crescimento no contexto atual.

Essas atividades abrangeram uma variedade de tarefas, incluindo a prospecção de potenciais clientes interessados na implementação de sistemas de energia solar, a elaboração de orçamentos detalhados para os projetos. Além disso, o estágio envolveu a preparação de documentação técnica necessária para a submissão dos projetos às autoridades competentes, assim como o acompanhamento e supervisão das obras em andamento.

Essa experiência prática proporcionou uma compreensão mais profunda dos conceitos teóricos aprendidos em sala de aula, permitindo uma aplicação eficaz e contextualizada desses conhecimentos no ambiente profissional. Além disso, o contato direto com os desafios e demandas do mercado de trabalho possibilitou o desenvolvimento de habilidades essenciais, tais como trabalho em equipe, comunicação eficaz, capacidade analítica e resolução de problemas.

Neste relatório, são descritas as principais atividades desenvolvidas durante o estágio na empresa Allumer Engenharia e Energia. São apresentados, neste capítulo, informações acerca da empresa Allumer Engenharia e Energia (Seção 1.1), os objetivos do estágio (Seção 1.2) e a organização do relatório (Seção 1.3).

## 1.1 Campo de Estágio

Durante o estágio supervisionado, tive a oportunidade de realizar minhas atividades na empresa Allumer Engenharia e Energia, localizada em Picos, no estado do Piauí. A Figura 1 apresenta a logomarca da empresa.

Figura 1: Logomarca da Allumer Engenharia e Energia



Fonte: Allumer Engenharia e Energia.

Fundada em 2019 pelo engenheiro eletricitista Rhulio Victor Carvalho Sousa, situada na

Av. Senador Helvídio Nunes, no 879, Bairro Boa Sorte, Picos - PI, no centro-sul do piauí, à 320 km da capital Teresina, A Allumer Engenharia e Energia é uma empresa de engenharia elétrica, focada no desenvolvimento e realização de projetos e soluções nos diferentes segmentos da grande área, tendo como ponto primordial o atendimento aos seus clientes e a qualificação de seus profissionais. Desde a especificação de seus projetos, até os ajustes finais, integrando isso a sua realização, a Allumer possui experiência, técnica e prática em todas as etapas necessárias para o desenvolvimento de grandes obras, atendendo às necessidades de sua empresa, seja ela pequena, média ou grande, comercial, industrial ou empreendimentos imobiliários. A Figura 2 apresenta a fachada da empresa.

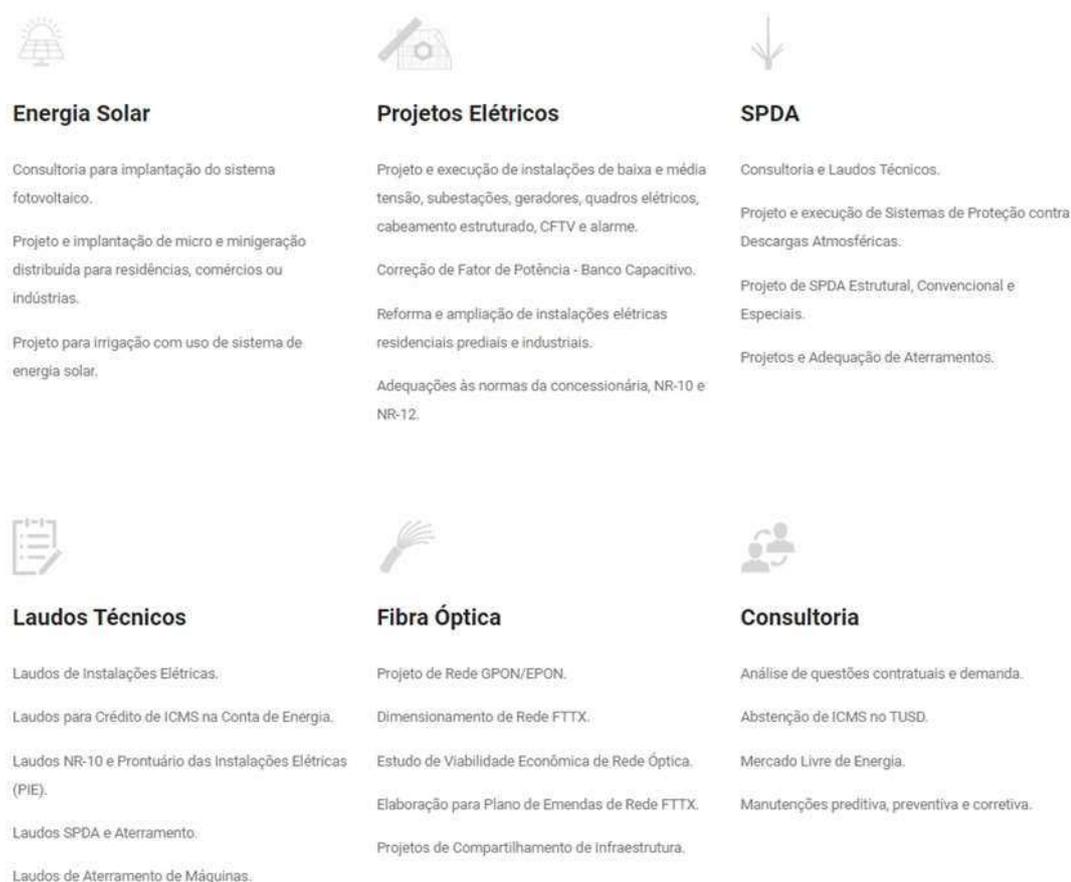
Figura 2: Fachada da Allumer Engenharia e Energia



Fonte: Allumer Engenharia e Energia.

O departamento de engenharia da empresa é formado por três Engenheiros Eletricistas e um estagiário de Engenharia Elétrica. O portfólio da empresa, ilustrado na Figura 3, abrange uma variedade de projetos, incluindo instalações elétricas residenciais, prediais e industriais, energia solar, subestações, sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), emissão de laudos técnicos e consultorias.

Figura 3: Portifolio da Empresa.



Fonte: Allumer Engenharia e Energia.

## 1.2 Objetivos

- Orçamento e negociação de propostas com os clientes;
- Projetos elétricos residenciais e industriais, energia solar e subestações aéreas;
- Instalação de sistemas fotovoltaicos e
- Acompanhamento de obras.

## 1.3 Organização do Relatório

No capítulo 2, por sua vez, é trazido uma fundamentação teórica acerca da energia fotovoltaica, trazendo pontos como a sua origem, funcionamento e elementos que compõem um sistema solar fotovoltaico. O capítulo 3 detalha as atividades realizadas, descrevendo todas as tarefas executadas pelo estagiário. Finalmente, no capítulo 4, encontra-se a conclusão, onde são apresentadas as considerações finais.

## 2 Fundamentação Teórica

Nesse capítulo será abordada a fundamentação teórica acerca da energia fotovoltaica, dando ênfase à sua história, os tipos de células fotovoltaicas, assim como seus componentes e tipos de sistemas.

### 2.1 Energia Solar Fotovoltaica

O processo de criação e desenvolvimento dos primeiros instrumentos capazes de transformar energia proveniente do sol em energia elétrica foi de forma gradativa e fragmentada nas mãos de importantes pesquisadores.

A energia elétrica é obtida da conversão direta da luz por meio do efeito fotovoltaico. Esse efeito, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz (CRESESB, 2014)

Atualmente, a energia solar que utilizamos teve início em 1954 com Russell Shoemaker Ohl, inventor da primeira placa de silício, e como forma de criação, patenteou o sistema fotovoltaico que conhecemos da modernidade. De certa forma, seu sucesso foi graças a Cavin Fuller, Gerald Pearson e Gerald Chapin, cientistas do laboratório Bell Labs (SANTO, 2021).

Fuller foi o químico que desenvolveu, pela primeira vez, o processo de dopagem do silício. Pearson, então, estabilizou as placas de silício a partir de reações químicas produzidas pelo contato de uma junção P-N ou diodo com as placas mergulhadas em lítio, podendo observar um comportamento fotovoltaico nas placas analisadas. Em paralelo, Chapin procurava uma fonte de energia alternativa para as baterias usadas em redes telefônicas remotas. Fuller e Pearson entraram em contato com o físico e, em 1955, células de silício foram usadas pela primeira vez como fonte de alimentação de uma rede telefônica na Geórgia, um estado dos Estados Unidos (PORTAL SOLAR, 2024).

Com isso, não demorou muito para as células fotovoltaicas serem produzidas comercialmente, ocorreu logo no ano seguinte, em 1956, iniciou-se a produção industrial (CRESESB, 2014).

### 2.2 A célula Fotovoltaica

Os painéis solares são elementos essenciais à geração de energia fotovoltaica, sendo constituídos por células fotovoltaicas que desempenham um papel crucial nesse processo. Estas células são produzidas a partir de semicondutores, predominantemente silício, capazes de absorver a luz solar e convertê-la em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. (PORTAL SOLAR, 2023)

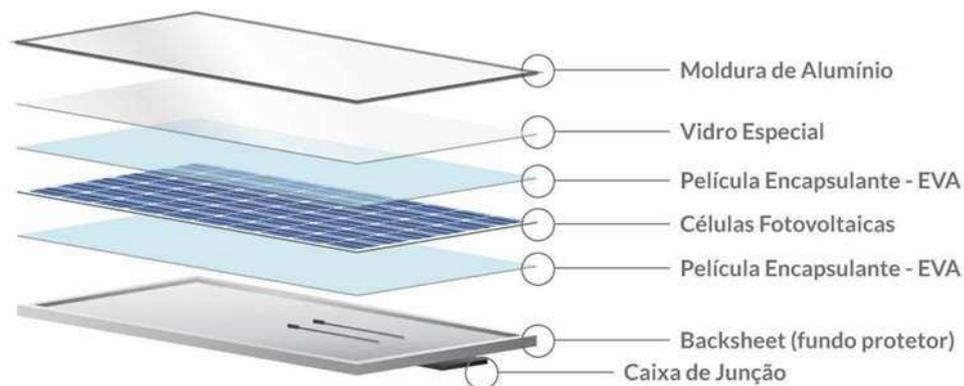
Além de sua capacidade de absorção de energia solar, os painéis solares possuem a capacidade de gerar eletricidade em duas camadas opostas, resultando em um aproveitamento eficiente da luz solar. A estrutura de uma célula fotovoltaica é essencialmente um "sanduíche" composto por duas fatias de material semicondutor, geralmente silício. Durante o processo de fabricação, o silício é dopado com impurezas, como fósforo e boro, para criar camadas com cargas elétricas distintas. (PORTAL SOLAR, 2023)

O principal componente do sistema é a célula fotovoltaica, porém o aproveitamento em escala comercial deste tipo de energia se faz com o auxílio de outros elementos, que segundo Tolmasquim (2016) são:

- **Moldura:** parte externa estruturante do módulo, geralmente de alumínio. É através dela que é feita a fixação do módulo.
- **Selante:** composto adesivo usado para unir as camadas internas do módulo com a moldura. Deve impedir a entrada de gases e umidade, além de proteger o interior de vibrações e choques mecânicos.
- **Vidro:** camada rígida externa que protege as células e condutores do ambiente, ao mesmo tempo em que permite a entrada de luz para ser convertida em eletricidade. É um vidro especial, com baixo teor de ferro, com uma camada anti reflexiva, e com superfície texturizada, que evitam a reflexão da luz que atinge o vidro.
- **Encapsulante:** filme que envolve as células, protegendo-as da umidade e dos materiais externos, além de otimizar a condução elétrica. O encapsulante mais utilizado é o EVA (*Etil Vinil Acetato*).
- **Células Fotovoltaicas:** componente eletrônico responsável pela conversão direta da energia eletromagnética em energia elétrica.
- **Backsheet:** parte inferior do módulo que previne a entrada de umidade e protege as células de elementos externos. Além disso, oferece isolamento elétrico adicional.

Representados na Figura 4.

Figura 4: Partes de um módulo fotovoltaico.

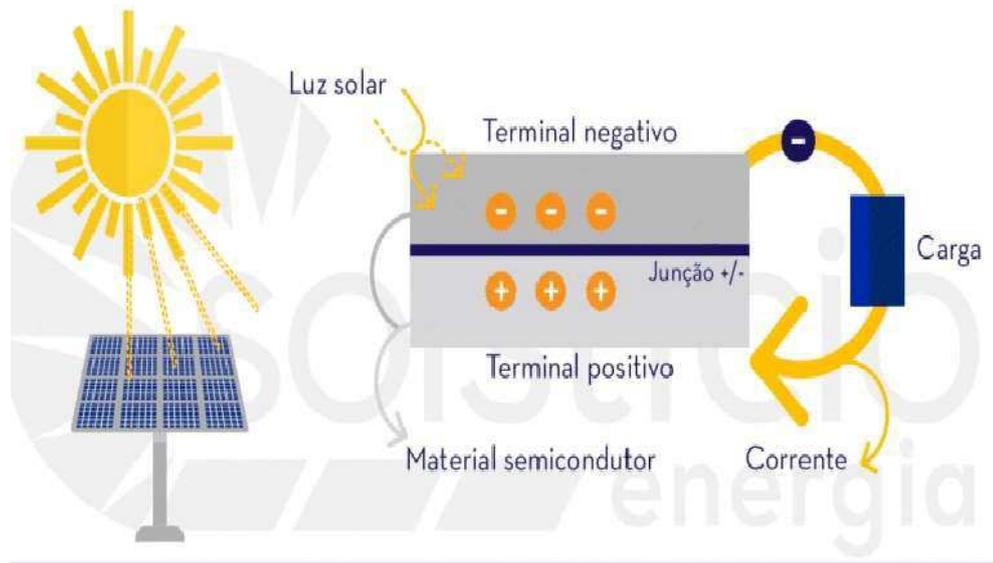


Fonte: Blue Sol (2023).

O efeito fotovoltaico ocorre em nível atômico ao incidir um fóton na ligação entre dois átomos induzindo ao seu rompimento. Para alcançar esta ruptura na ligação com pouca energia é preciso que o átomo seja instável (banda de valência incompleta) e que o número de elétrons nele contidos seja diferente de oito. Os materiais que possuem esta característica em seus átomos são os semicondutores, como o Silício utilizado na construção das células fotovoltaicas, que possui quatro elétrons em sua camada de valência. A corrente produzida pelo movimento dos elétrons em um semicondutor puro é insignificante, devido ao baixo valor de portadores livres. Dessa maneira, são adicionadas impurezas ao material para aumentar os portadores livres; o novo material obtido é chamado de semicondutor extrínseco (GESELLSCHAFT, 2008).

A representação do funcionamento de uma célula fotovoltaica é demonstrado na Figura 5.

Figura 5: Funcionamento de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Solstício Energia (2023).

A dopagem do material puro transforma eles em semicondutores do tipo N ou do tipo P, conforme as características desejadas. Os materiais semicondutores do tipo N são obtidos com um maior número de elétrons livres enquanto materiais do tipo P com um maior número de cargas positivas ou lacunas, variando de acordo com a impureza introduzida no material semicondutor. Se o material tipo N é anexado a um material do tipo P, ambos tornam-se eletricamente neutros formando-se, na área de contato, um campo elétrico que tende a equilibrar os elétrons livres movendo-os do material tipo N para o do tipo P. No momento que a luz incide sobre o material, os fótons chocam-se com outros elétrons fornecendo-lhes energia e transformando-os em condutores, gerando assim um campo elétrico em que os elétrons são orientados e o movimento de elétrons pelo material tipo N (positivo) e o material de tipo P (negativo) gera uma diferença de potencial separada pela zona de conjuntura chamada barreira de potencial (GESELLSCHAFT, 2008).

Essa complexa interação de materiais e processos dentro de um painel solar destaca não apenas sua eficácia na geração de energia limpa e renovável, mas também seu potencial para impulsionar a transição energética rumo a um futuro mais sustentável.

A energia solar fotovoltaica apresenta diversas vantagens, entre elas, destacam-se: resistência a condições climáticas extremas, pouca manutenção, gera energia mesmo em dias nublados, não utiliza combustível, tem durabilidade superior a 25 anos, não produz nenhum tipo de poluição, seja ambiental ou sonora. No entanto, apresenta algumas desvantagens como: custo de investimento inicial elevado, necessita de tecnologia sofisticada e depende de outros fatores como temperatura, radiação e quantidade de nuvens (BRAGA, 2008).

### 2.2.1 Tipos de células Fotovoltaicas

Diversas tecnologias de fabricação de células fotovoltaicas foram desenvolvidas nos últimos 60 anos e as células fotovoltaicas fabricadas a partir de lâminas de silício (monocristalinos e policristalinos) dominam o mercado atual ultimamente. Tal tecnologia já representava cerca de 81% em 2010 da produção mundial desde 2000, e em 2011 a marca já era de 87% (HERING, 2012).

- Célula Monocristalina

As células monocristalinas pertencem à primeira geração de células fotovoltaicas e são produzidas a partir de um cristal extremamente puro, o que se torna mais eficiente, no entanto, as mais caras. Têm um rendimento relativamente alto por volta de 16%, podendo atingir 23% em laboratório (SOUZA, 2016). Um exemplo de uma célula monocristalina é encontrado na Figura 6.

Figura 6: Célula Monocristalina.



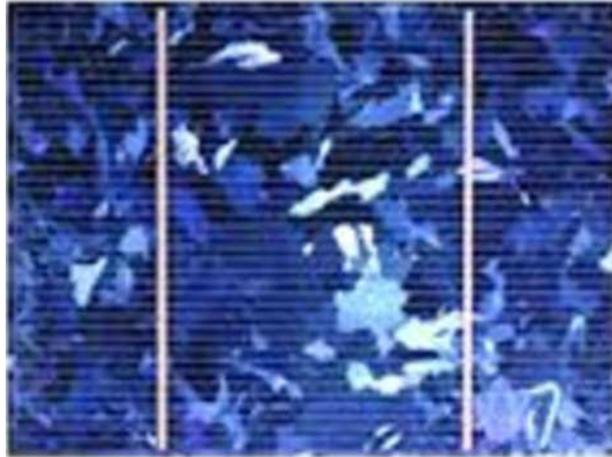
Fonte: Carneiro (2020).

As células fotovoltaicas à base de silício monocristalino têm a desvantagem de apresentar alto custo de produção, devido às quantidades de materiais utilizados e a energia envolvida na sua fabricação (CRESESB/CEPEL, 2008).

- Célula Policristalina

As células de silício policristalino são produzidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão de porções de silício puro em moldes especiais. Uma vez nos moldes, o silício resfria lentamente e solidifica-se. Nesse processo, os átomos não se organizam em um único cristal, formando assim uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais. Sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade é de aproximadamente 13% (NIEDZIALKOSKI, 2013). Um exemplo de uma célula policristalina é encontrado na Figura 7.

Figura 7: Célula policristalina.



Fonte: Delta volt (2010).

Para a produção das células policristalinas, a quantidade de material utilizado é praticamente a mesma utilizada na produção de células monocristalinas, porém, a energia necessária para produzi-las é significativamente reduzida (CRESESB/CEPEL, 2008).

- Células de Silício Amorfo

As células de silício amorfo são obtidas por meio da deposição de camadas muito finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal. Sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade varia entre 5% e 7%. Os principais obstáculos para a adoção dos filmes finos estão relacionados ao nível de confiabilidade quando comparados com células cristalinas (NIEDZIALKOSKI, 2013). Um exemplo de uma célula de silício amorfo é encontrado na Figura 8.

Figura 8: Célula de silício amorfo.



Fonte: Energia solar (2012).

No caso do silício amorfo, esses obstáculos estão relacionados principalmente com a estabilidade do material. No entanto, esse efeito tem sido reduzido adotando-se células de múltiplas camadas. Um enorme progresso tem sido feito em anos recentes no número de materiais fotovoltaicos e intervenções, em termos de eficiência de conversão, eficiências na faixa de 18 a 24% têm sido alcançadas na tradicional base de silício fabricado com ambos os materiais, mono e policristalino. (CRESESB/CEPEL, 2008).

A célula de silício amorfo difere das demais estruturas cristalinas por apresentar alto grau de desordem na estrutura dos átomos. A utilização de silício amorfo para uso em fotocélulas tem mostrado grandes vantagens tanto nas propriedades elétricas quanto no processo de fabricação. Por apresentar uma absorção da radiação solar na faixa do visível e podendo ser fabricado mediante deposição de diversos tipos de substratos, o silício amorfo vem se mostrando uma forte tecnologia para sistemas fotovoltaicos de baixo custo. Mesmo apresentando um custo reduzido na produção, o uso de silício amorfo apresenta duas desvantagens: a primeira é a baixa eficiência de conversão comparada às células mono e policristalinas de silício; em segundo, as células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil. (CRESESB/CEPEL, 2008).

## 2.3 Sistema Fotovoltaico

Conforme destacado por Câmara (2011), um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias distintas: sistemas isolados, híbridos e conectados à rede. Cada uma dessas categorias apresenta uma configuração básica que inclui uma unidade de controle de potência e uma unidade de armazenamento, elementos essenciais para o funcionamento eficaz do sistema.

### 2.3.1 Sistemas Conectados à Rede (*On Grid*)

Os sistemas *On Grid* são sistemas que se conectam à rede elétrica de distribuição. Este tipo de sistema representa a maior taxa de expansão nas aplicações dos sistemas elétricos. Os painéis que convertem a energia solar em eletricidade são conectados em sequências, formando o conjunto fotovoltaico. Esse conjunto é conectado a inversores que, por meio de processos elétricos, convertem a corrente contínua em corrente alternada. Dessa forma, os inversores transferem o excesso de energia gerada para a rede elétrica de distribuição (RAMPINELLI, 2010).

Um sistema fotovoltaico interligado à rede é ilustrado na Figura 9.

Figura 9: Representação de um Sistema Ligado à Rede.

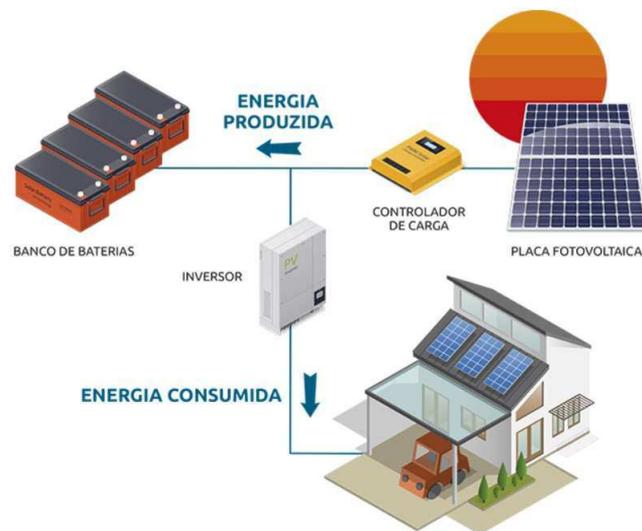


Fonte: Bortoloto (2017).

### 2.3.2 Sistemas *Off Grid*

Os sistemas off grid geram eletricidade durante o dia, e simultaneamente à sua produção, essa energia pode ser consumida ou armazenada em baterias para atender às demandas quando a geração de eletricidade for reduzida. Tais instalações autônomas precisam ser planejadas de maneira apropriada para satisfazer as exigências do cliente, otimizando, assim, o sistema fotovoltaico (DALMARCO, 2017). A Figura 10 ilustra um exemplo de um sistema *off grid*

Figura 10: Sistemas *off grid*.



Fonte: Eco Aquecedores (2024).

### 2.3.3 Sistemas Híbridos

Os sistemas híbridos são comumente empregados em conjunto com outras fontes de energia renovável, como a eólica, geotérmica, biomassa e solar, formando o sistema híbrido. É essencial manter um controle completo sobre essas fontes de energia para tirar o máximo proveito da alta eficiência do sistema. Por conseguinte, esses sistemas são considerados mais equilibrados e estáveis.

Embora os sistemas de geração tenham alguma capacidade de armazenamento, é crucial ter um meio de produção de energia, que pode ser convencional, para servir

como reserva. Os sistemas híbridos conseguem fornecer energia a um sistema isolado com um nível de confiabilidade comparável às redes convencionais (PEREIRA, 2010).

Um esquema de um sistema híbrido composto pelas principais fontes, eólica, gerador a diesel e solar, é ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Representação de um sistema híbrido.



Fonte: Tecnoveritas (2018).

## 2.4 Componentes de um Sistema Fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é composto por diversos componentes que desempenham funções específicas para a captação, conversão e distribuição da energia solar (ENERGIA SOLAR MASTER, 2021).

Neste relatório, será apresentado os principais elementos que constituem um sistema fotovoltaico, destacando suas características e importância para o funcionamento eficiente e sustentável desse sistema.

### 2.4.1 Módulos Fotovoltaicos

O módulo fotovoltaico, popularmente conhecido como painel solar, Figura 12, assume a importante função de captar a radiação solar e transformá-la em energia elétrica utilizável. Constituído por células fotovoltaicas compostas de materiais semicondutores, como o silício, esses módulos são capazes de gerar corrente elétrica quando expostos à luz solar. Em escala maior, os módulos fotovoltaicos são agrupados para formar as conhecidas "fazendas solares" ou "usinas solares". (ENERGIA SOLAR MASTER, 2021).

Figura 12: Módulo Fotovoltaico.



Fonte: Sustentável e C&A (2021).

### 2.4.2 Inversor Fotovoltaico

O inversor solar, Figura 13, é o dispositivo chave em um sistema de geração de energia solar. Ele realiza a conversão da potência em corrente contínua (CC) proveniente do arranjo fotovoltaico em potência em corrente alternada (CA) que em condições normais será injetada na rede elétrica de distribuição de energia. O inversor solar é construído com o intuito de obter sinais de saída com baixo conteúdo harmônico e alto fator de potência, sendo que isto é possível aumentando a frequência de comutação dos semicondutores e filtrando adequadamente o sinal de saída (Cruz, 2009).

Figura 13: Inversor fotovoltaico.

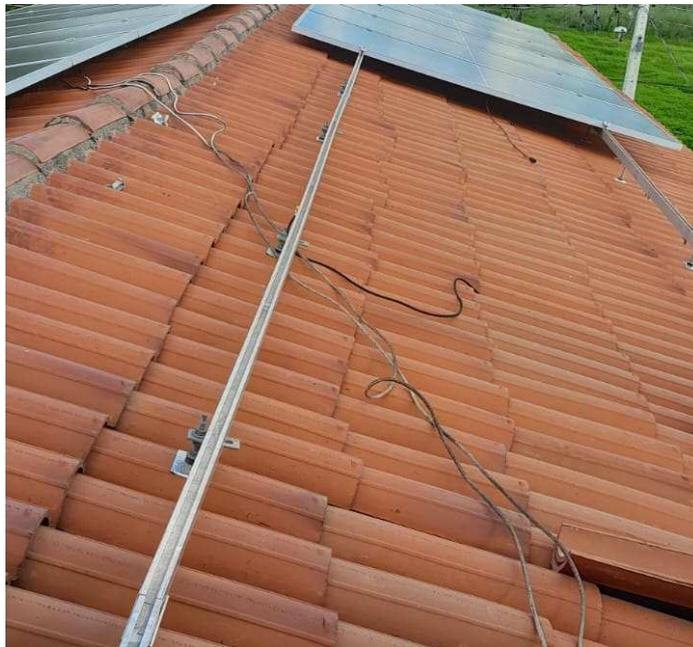


Fonte: Autoria própria.

### 2.4.3 Estrutura de Suporte/Fixação Metálica

A estrutura de suporte é um sistema de fixação projetado especificamente para suportar os painéis solares e garantir uma posição e inclinação correta. Ela é composta por diferentes componentes, como perfis metálicos, braçadeiras e parafusos, dimensionados para suportar o peso dos painéis e resistir às condições climáticas. Sua importância está relacionada à estabilidade dos painéis solares, permitindo que eles capturem a máxima quantidade de luz solar e gerem energia de forma eficiente. (ALBA ENERGIA, 2023). A Figura 14 mostra uma estrutura de suporte/fixação metálica de uma obra acompanhada pelo estagiário.

Figura 14: Estrutura de suporte/fixação metálica.

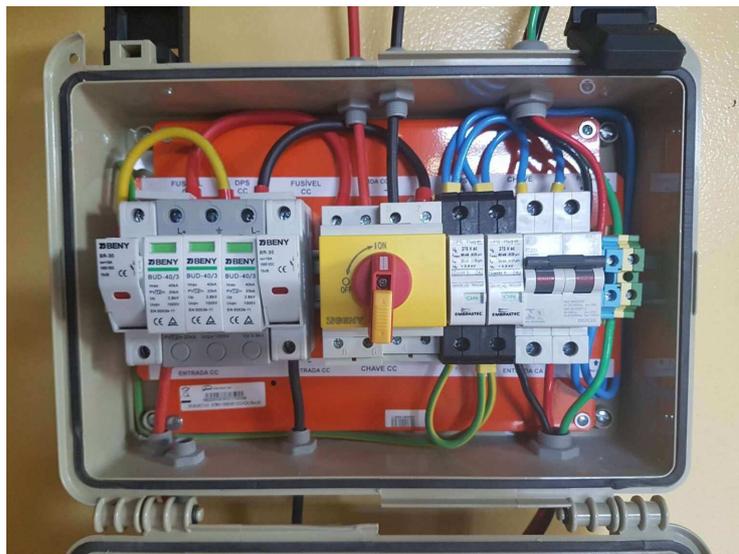


Fonte: Autoria própria.

### 2.4.4 *string box* (caixa de proteção)

A *string box*, Figura 15, é o componente de 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. (CANAL SOLAR, 2019).

Figura 15: string box (caixa de proteção).



Fonte: Energia solar master (2021).

#### 2.4.5 Condutores: Cabos Solares e Conectores MC-4

Os cabos solares e os conectores MC-4 têm a função de estabelecer a conexão elétrica entre os módulos fotovoltaicos, o inversor e os outros componentes do sistema. Os cabos solares devem ser dimensionados corretamente para suportar a corrente elétrica gerada pelos módulos, enquanto os conectores MC-4 asseguram uma conexão segura e resistente às condições climáticas adversas. (ENERGIA SOLAR MASTER, 2021). Cabos solares e conectores MC-4 são ilustrados na Figura 16.

Figura 16: Condutores: Cabos solares e conectores MC-4.



Fonte: Energia Solar master (2021).

#### 2.4.6 Controlador de Carga e Bateria para Sistemas *Off-Grid*

Nos sistemas fotovoltaicos *off grid*, ou seja, desconectados da rede elétrica, tanto o controlador de carga quanto a bateria têm um papel crucial. O controlador de

carga regula a corrente proveniente da placa solar para a bateria, assegurando sua carga apropriada e protegendo-a contra sobrecargas e descargas excessivas. Por sua vez, as baterias armazenam a energia gerada durante o dia para uso durante a noite ou em dias nublados, garantindo assim um suprimento contínuo de energia. (ENERGIA SOLAR MASTER, 2021). Um exemplo de um controlador de carga e bateria para sistemas *off grid* é ilustrado na Figura 17.

Figura 17: Controlador de carga e bateria para sistemas *off grid*.



Fonte: Energia Solar Master (2021).

## 3 Atividades Desenvolvidas

Neste capítulo, são descritas as atividades desenvolvidas durante o período de estágio na empresa, tais como: treinamentos (Seção 3.1), realização de orçamentos (Seção 3.2), realização de projetos (Seção 3.3), submissão de projetos junto à concessionária (Seção 3.4) e acompanhamento de obras (Seção 3.5).

### 3.1 Treinamentos

No primeiro momento na empresa, foram realizadas reuniões e treinamentos com os colegas de trabalho onde o estagiário pôde aprender o funcionamento e dia a dia da empresa, assim como compartilhar saberes adquiridos em sala de aula.

Durante os treinamentos foram ensinadas algumas atividades que fazem parte da rotina da empresa, como elaboração de orçamentos, elaboração de projetos e estratégias de prospecção de clientes.

Os treinamentos se estenderam até o término do estágio, sempre com o objetivo de alinhar as necessidades e expectativas dos colaboradores e da empresa, assim como promover o aperfeiçoamento dos trabalhos desenvolvidos com o objetivo de sempre nos manter atualizados acerca das novas tendências e de atualizações das normas vigentes.

### 3.2 Orçamentos

Durante o estágio supervisionado, uma das atividades desenvolvidas foi a elaboração de propostas para projetos de sistemas fotovoltaicos.

Para criar orçamentos, inicialmente, obtinha-se a média mensal de consumo em kWh ou o histórico mensal de consumo, encontrado na conta de luz, juntamente com informações sobre o tipo de ligação existente. Em seguida, realizavam-se cálculos para determinar a potência e a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários, escolhia-se o inversor adequado para atender à produção de energia do gerador e selecionava-se a estrutura necessária. Esse processo era, comumente, realizado por meio do canal de comunicação da RB Solar, via aplicativo *WhatsApp*.

Com o orçamento em mãos, são inseridas na planilha interna da empresa a potência do gerador, o modelo do inversor, o tipo e quantidade de módulos, bem como o preço do kit CC. A partir desses dados, a empresa, por meio de uma planilha eletônica, realiza o cálculo do valor final e emite a proposta para o cliente.

Essa proposta leva em consideração não apenas o preço dos componentes relacionados à parte CA (como DPS, disjuntores, cabos, etc.), mas também os serviços de projeto, instalação, entre outros.

Um indicador importante, quando se trata de investimento de alto valor monetário, como um sistema fotovoltaico, é o *Payback*, a partir dele é possível estimar em quanto tempo o investimento estará dando lucros ao cliente.

O estudo levou em conta os seguintes dados: informações de uma fatura de energia, o reajuste anual da tarifa de energia, o padrão anual de rendimento dos

painéis solares, o custo de manutenção anual em relação ao kWh, os juros de financiamento sobre o saldo devedor, o custo de oportunidade sobre o capital investido e a quantidade de kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kWh.

### 3.3 Projetos Fotovoltaicos

Durante o período de estágio, foram executados 5 projetos de energia solar fotovoltaica. O relatório de estágio abordará o processo conduzido em um desses projetos específicos. Os procedimentos realizados durante a fase de planejamento são os seguintes:

- Desenvolvimento do projeto: inicialmente, ocorreu o desenvolvimento completo do projeto, que envolveu várias etapas, desde a coleta de dados até a elaboração dos planos técnicos e executivos.
- Encaminhamento do projeto e documentação à distribuidora de energia: em seguida, o projeto completo juntamente com toda a documentação necessária foi submetido à distribuidora de energia para avaliação.
- Avaliação e aprovação do projeto pela distribuidora: após a submissão, o projeto foi analisado pela distribuidora de energia e, se estivesse em conformidade com os requisitos técnicos e regulatórios, era então aprovado.
- Execução da instalação do projeto: com a aprovação do projeto, a fase de implementação teve início, incluindo a instalação física dos painéis solares, inversores e outros componentes do sistema.
- Inspeção e conexão à rede de Distribuição pela distribuidora: após a conclusão da instalação, uma inspeção final foi conduzida pela distribuidora de energia para garantir que o sistema estivesse em conformidade com os padrões estabelecidos. Após a aprovação final, o sistema foi conectado à rede de distribuição elétrica.

#### 3.3.1 Elaboração do Projeto

O projeto foi elaborado em conformidade com a REN 482, com o PRODIST Módulo 3 seção 3.7, com a NT.020 e com as normas técnicas nacionais (ABNT) ou internacionais (europeia e americana), para SOLICITAÇÃO DO PARECER DE ACESSO de uma microgeração distribuída conectada à rede de distribuição de energia elétrica através de um sistema solar fotovoltaico.

Para um projeto fotovoltaico, é fundamental conhecermos a quantidade de radiação solar no local onde o sistema será instalado, pois é um fator essencial para calcular a produção de energia. Essa quantidade pode variar de acordo com as condições climáticas e atmosféricas específicas do local. No caso deste projeto em questão, são utilizados dados fornecidos pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB).

Para acessar esses dados, utiliza-se o programa SunData, uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos que se destina ao cálculo da radiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional. Esse

programa possibilita obter os valores de radiação solar média mensal tanto em superfícies horizontais quanto inclinadas, expressos em kWh/m<sup>2</sup>/dia, para as coordenadas geográficas do local desejado.

Além disso, também se faz uso do SWERA para acessar os dados de radiação solar específicos do local desejado e simular como será o comportamento da radiação solar ao longo do dia e do ano. No local em questão, a média anual de radiação solar é de 5,78 kWh/m<sup>2</sup>//dia, usamos como referência a média anual devido as variações de irradiação durante o ano.

A tabela 1 mostra a sazonalidade da radiação solar, para localidades próximas ao local da instalação, ao longo do ano em três pontos na cidade de Oeiras - PI.

Tabela 1: Sazonalidade da radiação Solar.

Latitude: 7,019618° S  
Longitude: 42,128573° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]																	
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta	
<input checked="" type="checkbox"/>	Oeiras	Oeiras	PI	BRASIL	7,001° S	42,149° O		3,1	5,45	5,39	5,40	5,37	5,35	<b>5,28</b>	5,64	6,14	<b>6,64</b>	6,50	6,29	5,88	<b>5,78</b>	<b>1,36</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	Oeiras	Oeiras	PI	BRASIL	7,001° S	42,049° O		9,0	5,43	5,41	5,40	5,38	5,37	<b>5,31</b>	5,67	6,14	<b>6,65</b>	6,49	6,21	5,80	<b>5,77</b>	<b>1,34</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	Oeiras	Oeiras	PI	BRASIL	7,101° S	42,149° O		9,3	5,45	5,38	5,37	<b>5,31</b>	5,35	5,32	5,63	6,20	<b>6,71</b>	6,47	6,26	5,84	<b>5,77</b>	<b>1,40</b>

Fonte: CRESESB (2024).

### 3.3.2 Levantamento de Carga

Para a unidade consumidora foi feito o levantamento de cargas, na tabela 2 podemos encontrá-lo.

Tabela 2: Levantamento de carga.

ITEM	DESCRIÇÃO	P(W) [A]	QUANT. [B]	CI (kW) [C = (A*B)/1000]	FP [D]	CI (kVA) [E = C/D]	FD [F]	D(kW) [G = CxF]	D(kVA) [H = ExF]
1	Tomada de Uso Geral 100 VA	100	30	3,00	1,00	3,00	1,00	3,00	3,00
2	Tomada de Uso Geral 600 VA	600	2	1,20	1,00	1,20	1,00	1,20	1,20
3	Lâmpada Compacta	50	25	1,25	0,90	1,38	1,00	1,25	1,38
4	Split 12.000 btus	1260	2	2,52	0,92	2,74	1,00	2,52	2,74
<b>TOTAL</b>				<b>7,97</b>		<b>8,32</b>		<b>7,97</b>	<b>8,32</b>

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

### 3.3.3 Tipo de Ligação e Tensão de Atendimento

A ligação e a tensão de atendimento tinha as seguintes características o qual o sistema foi integrado:

Tabela 3: Tipo de ligação e tensão de atendimento.

Ligação:	Baixa Tensão	Condutores:	F+N
Conexão:	Monofásico	Seção Nominal [mm <sup>2</sup> ]:	16
Tensão [V]:	380/220	Material:	Alumínio
Concessionária:	Equatorial Energia	Estado:	Piauí

Fonte: Memorial Técnico (Allumer Engenharia e Energia).

### 3.3.4 Disjuntor de Entrada

No ponto de entrega/conexão, está instalado um disjuntor termomagnético, em conformidade com a norma NT.001.EQTL. Normas e Padrões da Equatorial Energia, com as seguintes características:

Tabela 4: Disjuntor de Entrada.

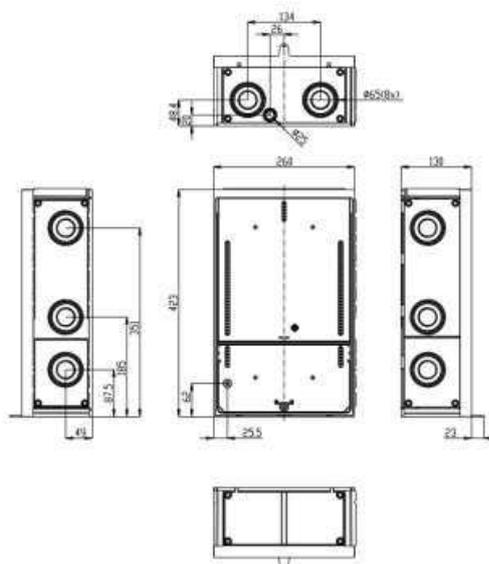
Número de Polos:	1	Elemento de Proteção:	Termomagnético
Tensão Nominal [V]:	400	Capacidade de Interrupção [kA]:	3
Corrente Nominal [A]:	50	Acionamento:	Mecânico
Frequência Nominal [Hz]:	60	Curva de Atuação (Disparo):	C

Fonte: Memorial Técnico (Allumer Engenharia e Energia)

### 3.3.5 Caixa de Medição

A caixa de medição nova, monofásica, em material polimérico, foi instalada na fachada do ponto de entrega caracterizado como o limite da via pública com a propriedade, conforme a Figura 18, atendendo aos requisitos de localização, facilidade de acesso e *lay-out*, em conformidade com as normas da concessionária vigentes na época de implantação. O aterramento da caixa de medição foi feito com 1 haste de aterramento, de comprimento 1500 mm e diâmetro 5/8" com conexão em conector GKP.

Figura 18: Caixa de medição.



Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

### 3.3.6 Estimativa de Geração

A Figura 19 mostra a estimativa de geração anual do sistema fotovoltaico, enquanto a tabela 5 mostra a estimativa de geração anual do sistema.

Figura 19: Estimativa de geração mensal



Fonte: Memorial Técnico (Allumer Engenharia e Energia).

Tabela 5: Estimativa de geração anual.

Geração Anual [kWh]:	15.121	Geração Média Mensal [kWh]:	1.260
----------------------	--------	-----------------------------	-------

Fonte: Memorial Técnico (Allumer Engenharia e Energia).

### 3.3.7 Dimensionamento do Gerador

De acordo com Pereira (2020), a quantidade de energia produzida por sistemas fotovoltaicos é calculada utilizando dados radiométricos, como os fornecidos pelo Atlas Solarimétrico do Brasil.

$$p_{fv} = \frac{C}{Irr.F}$$

Em que:

- $p_{fv}$  é a potencia do sistema em kWp;
- $C$  é o consumo anual em kWh/ano;
- $Irr$  é o fator de irradiação solar  $s$  em kWh/m<sup>2</sup>/dia, descrito na seção 3.3.1 desse relatório;
- Fator de performance do sistema;

Tomando como radiação solar o valor de 5,78 kWh/m<sup>2</sup>/dia e fator de performance  $F = 0,75$ , calcula-se a potência do sistema fotovoltaico:

$$p_{fv} = \frac{1260.12}{5,78.365.0,75} \cong 9,7kWp$$

No processo de escolha dos módulos, diversos aspectos são levados em consideração. Isso inclui a certificação de Eficiência Classe A (PBE/Selo INMETRO), a presença de um Índice de Eficiência Energética (IEE) que atenda ou exceda 20%, conforme registrado na base de dados oficial online do PROCEL. Além disso, a potência do módulo fotovoltaico é avaliada, assim como a área disponível no telhado para sua instalação. A disponibilidade do fornecedor também é um fator importante nesse processo de seleção.

Para esse projeto foram escolhidos módulos monocristalinos da fabricante TSUN de 560 W<sub>p</sub>, conforme tabela 6, assim, tem-se:

$$\text{Quantidade de módulos} = \frac{9700}{560} \cong 17,3$$

Ou seja, foram necessárias 18 placas ao todo.

As características técnicas do gerador são descritos na tabela 6.

Tabela 6: Características técnicas do gerador.

Características técnicas do gerador	
Fabricante	TSUN
Modelo	TS560S8B
Potência nominal – P <sub>n</sub> [W]	560
Tensão de circuito aberto – Voc [V]	50,10
Corrente de curto circuito – I <sub>sc</sub> [A]	13,98
Tensão de máxima potência – V <sub>mp</sub> [V]	42,30
Corrente de máxima potência – I <sub>mp</sub> [A]	13,25
Eficiência [%]	21,70
Comprimento [mm]	2261
Largura [mm]	1134
Área [m <sup>2</sup> ]	2,56
Peso [kg]	29,0
Quantidade	<b>18</b>
Potência do gerador [W <sub>p</sub> ]	<b>10080</b>

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

### 3.3.8 Dimensionamento do Inversor

O(s) inversor(es) foi(foram) dimensionado(s) com base na potência de pico do gerador solar, descontadas suas perdas e considerada potência máxima admitida de entrada pelo fabricante.

Ao calcular o tamanho do inversor, são levados em conta diversos fatores, como a voltagem que a unidade consumidora utiliza, o número de fases envolvidas, a disponibilidade de pontos de máxima potência (MPPTs) e o limite de potência do próprio inversor. Para determinar a potência necessária do inversor, considera-se que esta deve ser no mínimo 75% da potência do gerador.

Essa abordagem leva em conta que a potência em Watts-pico (W<sub>p</sub>) é uma medida idealizada em laboratório, então há perdas inevitáveis no sistema. Além disso, alguns fabricantes, como a Sices, estipulam esse valor mínimo como parâmetro para o dimensionamento.

Sendo assim, com base no material disponível e considerando a potência máxima admitida de entrada pelo fabricante, tem-se:

Tabela 7: Características técnicas do inversor.

Características técnicas do inversor	
Fabricante	Growatt
Modelo	MIN8000TL-X(E)
Quantidade	1
Entrada	
Potência nominal – Pn [kW]	8,0
Máxima potência na entrada CC – Pmax-cc [kW]	11,2
Máxima tensão CC – Vcc-máx [V]	600
Máxima corrente CC – Icc-máx [V]	16,9 + 33,8 = 50,7 (MPPT1 + MPPT2)
Máxima tensão MPPT – Vpmp-máx [V]	550
Mínima tensão MPPT – Vpmp-min [V]	60
Tensão CC de partida – Vcc-part [V]	100
Quantidade de Strings	1 + 2 (MPPT1 + MPPT2)
Quantidade de entradas MPPT	2
Saída	
Potência nominal CA – Pca [kW]	8,0
Máxima potência na saída CA – Pca-máx [kW]	8,0
Máxima corrente na saída CA – Imáx-ca [A]	38,3
Tensão nominal CA – Vnon-ca [V]	220
Frequência nominal – Fn [Hz]	60
Máxima tensão CA – Vca-máx [V]	300 F-N
Mínima tensão CA – Vca-min [V]	160 F-N
THD de corrente [%]	< 3,0
Fator de potência	0.80 – 1.00 ind./cap.
Tipo de conexão – número de fases + neutro + terra	3 condutores (F+N+PE)
Eficiência máxima [%]	98,1

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

### 3.3.9 Dimensionamento da Proteção

Os equipamentos de proteção foram dimensionados com base em tensão, corrente e parâmetros de curto-circuito dos arranjos e inversores, influenciando o tipo de ligação (série ou paralelo), quantidade, disposição e potência.

– Chaves Seccionadoras

As características das chaves seccionadoras são descritas na Tabela 8.

Tabela 8: Chaves seccionadoras.

Tipo:	CC	Corrente Máxima [A]:	32
Tensão Nominal [V]:	1000 ou maior	Tensão Nominal Impulsionada [kV]:	8
Número de pólos:	6	<b>PROTEÇÃO INTERNA</b>	

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

- Fusíveis

O projeto em questão não dispõe de fusíveis, devido o número de arranjos por MPPT ser no máximo 2.

- Disjuntores

As características dos disjuntores são descritas na Tabela 9.

Tabela 9: Disjuntores.

Tipo:	CA	Corrente Nominal [A]:	40
Tensão Nominal [V]:	400	Frequência [Hz]:	60
Número de pólos:	1	Capacidade Máxima de Interrupção [kA]:	3
Inversor:	Inversor 1	Curva de Atuação:	C

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

- DPSes

As características dos DPSes são descritas na Tabela 10.

Tabela 10: DPSes.

Tipo:	CC	Corrente Nominal [A]:	10 ou maior
Tensão de Surto [V]:	1000 ou maior	Corrente Máxima [A]:	20 ou maior
Classe:	II	Ligação:	Estrela
Inversor:	Inversor 1	Quantidade:	<b>3 (estrela) por MPPT</b>
<b>PROTEÇÃO INTERNA</b>			

Tipo:	CA	Corrente Nominal [A]:	10 ou maior
Tensão de Surto [V]:	255 ou maior	Corrente Máxima [A]:	20 ou maior
Classe:	II	Quantidade:	2 (F+N)

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia)

- Aterramento

As características dos sistema de aterramento são descritas na Tabela 11.

Tabela 11: Aterramento.

Malha:	Linha/Triângulo, 1500mm	Condutores:	Interligação com geração: 10 mm <sup>2</sup> PVC 750V, Cobre; Equipotencialização: 6 mm <sup>2</sup> PVC 750V, Cobre.
Tipo das hastes:	Aço Cobreado	Conexões:	Conector GTDU (tipo Gar) 5/8"
Quantidade:	1	Resistência:	A menor resistência possível

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

- Requisitos de Proteção

Os requisitos de proteção são descritos na Tabela 12.

Tabela 12: Requisitos de proteção.

Proteção	Ajustes	Tempo Máximo
Elemento de interrupção (52)	-	-
Proteção de subtensão (27)	(27) 0,8 pu	(27) 0,4 seg
Proteção de sobretensão (59)	(59) 1,1 pu	(59) 0,2 seg
Proteção de subfrequência (81U)	(81U) 57,5 Hz	(81U) 0,2 seg
Proteção de sobrefrequência (81O)	(81O) 62,0 Hz	(81O) 0,2 seg
Anti-ilhamento (78 e 81 $df/dt$ – ROCOF)	-	0,2 seg
Tempo de Reconexão (temporizador) (62)	-	-
Proteção de Injeção de Componentes CC	$I_{cc} > 0,5 I_n$	1,0 seg
Proteção de sobrecorrente (50/51)	Conforme projeto	

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

### 3.3.10 Dimensionamento dos Cabos

- Cabo de conjunto (interligação entre os módulos): conforme *datasheet* dos módulos.
- Conjunto de módulos ao(s) inversor(es):

As características dos cabos são descritas na Tabela 13.

Tabela 13: Dimensionamento dos cabos.

Isolação:	90°C, Composto não halogenado termofixo, anti-chamas, anti-UV	Método de Instalação:	B1
Isolamento [kV]:	1,8	Corrente Máxima [A]:	48
Bitola [mm <sup>2</sup> ]:	4	Quantidade de cabos:	2 (pos. + neg.)

Obs.: Os cabos de interligação entre o conjunto e inversor são dimensionados de forma individual para cada arranjo. Para tanto, a fiação acima discriminada, será utilizada para cada arranjo individual disponível no diagrama unifilar.

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

Nas Tabelas 14 e 15 são encontradas as características dos cabos que ligam o(s) inversor(es) ao *string box* CA e que ligam o *string box* CA ao ponto de conexão, respectivamente.

- Inversor(es) ao *String Box* CA:

Tabela 14: Inversor(es) ao *string box* CA.

Isolação:	PVC	Método de Instalação:	B1
Isolamento [V]:	750	Corrente Máxima [A]:	57
Bitola [mm <sup>2</sup> ]:	10	Quantidade de cabos:	3 (F+N+PE)

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

- *String box* CA ao Ponto de Conexão:

Tabela 15: *String box* CA ao ponto de conexão

Isolação:	PVC	Método de Instalação:	B1
Isolamento [V]:	750	Corrente Máxima [A]:	57
Bitola [mm <sup>2</sup> ]:	10	Quantidade de cabos:	3 (F+N+PE)

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

### 3.3.11 Placa de Advertência

Junto ao padrão de entrada de energia, deverá ser instalada uma placa de advertência, conforme características abaixo.

As características da placa de advertência são encontradas na Tabela 16 e representadas na Figura 20.

Tabela 16: Características da placa.

Espessura [mm]:	2	Acabamento:	Deve possuir cor amarela, obtida por processo de masterização com 2%, assegurando opacidade que permita adequada visualização das marcações pintadas na superfície plana.
Material:	Polycarbonato com aditivos anti-raios UV		
Gravação:	Arial Black		

Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia).

Figura 20: Placa de advertência.



Fonte: Memorial técnico (Allumer Engenharia e Energia)

## 3.4 Submissão do Projeto Junto à Concessionária

Durante o estágio, outra atividade de suma importância foi a submissão de projetos à equatorial Piauí, empresa responsável pela distribuição de energia elétrica no estado.

Para a EQUATORIAL-PI, para que se tenha aprovação do projeto, é necessário seguir todos os procedimentos exigidos pela concessionária. Para submissão em microgeração com potência abaixo de 10 kW, é necessário enviar a documentação a seguir:

- 1. Formulário de solicitação de acesso;
- 2. ART do responsável técnico;
- 3. Diagrama unifilar do sistema de geração, carga, proteção e medição;
- 4. Memorial técnico descritivo;
- 5. Certificados de conformidade dos inversores ou o número de registro de concessão do INMETRO para a tensão nominal de conexão com a rede (para inversores de até 10kW);
- 6. Dados necessários para registro da central geradora, conforme disponível no site da ANEEL: [www.aneel.gov.br/scg](http://www.aneel.gov.br/scg);
- 7. Lista de contas contrato participantes do sistema de compensação (se houver), indicando na porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento, conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012;
- 8. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (apenas para os casos de empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada);
- 9. Documento que comprove a garantia de fiel cumprimento, se aplicável, conforme previsto no art.655 - C da resolução normativa nº1.000/2021.

As Figuras 21 e 22, extraídas do site da EQUATORIAL-PI, ilustram o formulário e a documentação necessária, respectivamente, para a submissão do projeto.

Figura 21: Formulário para submissão do projeto.

**Dados solicitante**

Nome Completo \*

RG \*

CPF \*

Telefone

Celular \*

Preencha este campo.

**Responsável Técnico**

Nome Completo \*

RG \*

CPF \*

Email \*

Telefone

Celular \*

**Dados Técnico:**

Disjuntor da geração \*

Fonte: Equatorial-PI (2024).

Figura 22: Formulário para submissão do projeto

Envie abaixo a cópia dos documentos solicitados (.jpg, .png ou .pdf):

Formulário de Solicitação de Acesso \* Memorial Técnico Descritivo da instalação \*

Nenhum a...o escolhido  Nenhum a...o escolhido

ART do Responsável Técnico pelo projeto e instalação do sistema de microgeração \*

Nenhum a...o escolhido

Diagrama unifilar do sistema de geração, carga e proteção \*

Nenhum a...o escolhido

Projeto elétrico das instalações de conexão \*

Nenhum a...o escolhido

Certificados de Conformidade dos Inversores ou o número de registro de concessão do INMETRO do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede \*

Nenhum a...o escolhido

Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL \*

Nenhum a...o escolhido

Lista de contas contrato participantes do sistema de compensação (se houver) indicando na porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012 \*

Nenhum a...o escolhido

Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (Apenas para os casos de empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada)

Nenhum a...o escolhido

Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (Apenas para cogeração qualificada)

Nenhum a...o escolhido

Diagrama de blocos \*

Nenhum a...o escolhido

Documento que comprove a garantia de fiel cumprimento, se aplicável, conforme previsto no art.655 - C da resolução normativa nº1.000/2021. Depósito identificado na conta bancária CNPJ 06.840.748/0001-89 - EQUATORIAL PIAUI DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A, Banco do Brasil; Agencia:3064-3 cc 994350-1

Nenhum a...o escolhido

Informe um e-mail para acompanhamento desta solicitação: \*

Confirme o e-mail digitado: \*

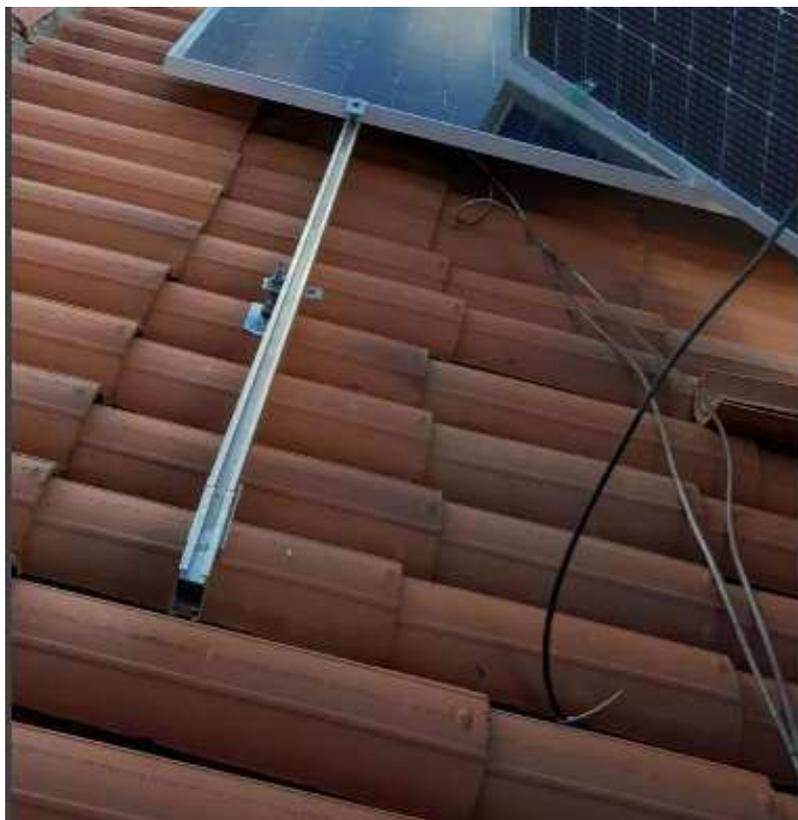
Fonte: Equatorial-PI (2024)

### 3.5 Acompanhamento de Obras

Durante o estágio, o estagiário também ficou encarregado de acompanhar algumas obras em execução com a supervisão de um engenheiro.

Na obra mostrada a seguir, o sistema era distribuído no teto da casa da seguinte forma: uma parte estava em cima do telhado da casa propriamente dito, que era composto de uma laje de concreto e sobreposto por uma camada de telhas de cerâmicas, que a partir dos caibros utilizados na suspensão das telhas, foram fixados os painéis fotovoltaicos, e a outra parte do sistema estava localizada em uma cobertura de menor altitude, essa por sua vez era composta apenas de telhas de cerâmica e seus caibros desenvolveram a mesma função dos anteriores mencionados, Conforme a Figura 23.

Figura 23: Estrutura metálica e suporte para os módulos.



Fonte: Autoria própria.

Após a montagem da estrutura e dos módulos, procede-se à realização do teste de comissionamento. Utilizando um multímetro, verifica-se a polaridade e, em seguida, verifica-se o nível de tensão fornecido por cada *string*, utilizando o multímetro na escala de tensão contínua.

Uma vez concluído o teste de comissionamento, os cabos das *strings* são conectados ao inversor, conforme mostrado na Figura 24, e os parâmetros do inversor são configurados de acordo com as especificações da concessionária.

Figura 24: Inversor fotovoltaico.



Fonte: Autoria própria.

Também é exigido pela concessionária que seja colocado uma placa de alerta perto do medidor de energia, em um local facilmente visível. Essa placa deve ser feita de policarbonato com aditivos que protejam contra os raios ultravioletas, conforme a Figura 25.

Figura 25: Imagem de advertência.



Fonte: Autoria própria.

Sistemas fotovoltaicos são capazes de produzir tensões e correntes perigosas ao longo de anos. Dessa forma, a fim de garantir a segurança do público utilizador

da tecnologia solar, dos instaladores e de profissionais que eventualmente venham a realizar a manutenção de equipamentos, é fundamental a presença de um aterramento junto ao sistema. Além disso, como os equipamentos utilizados nos sistemas de geração fotovoltaica são caros, é necessário protegê-los contra descargas atmosféricas e outros fenômenos transitórios (ASSAIFE, 2013).

O aterramento do sistema é visto na Figura 26.

Figura 26: Aterramento.



Fonte: Autoria própria.

## 4 Conclusões

Neste trabalho, relatou-se as principais atividades desenvolvidas durante a realização do estágio na empresa Allumer Engenharia e Energia. Foram descritos os treinamentos, orçamentos, bem como o desenvolvimento e execução de projetos fotovoltaicos.

Durante o estágio, o estudante pode vivenciar o dia a dia de uma empresa, permitindo a imersão de uma realidade que futuramente será cotidiana. Essa vivência permitiu o seu desenvolvimento técnico, promovendo também o aperfeiçoamento de diversas habilidades no âmbito pessoal, tais como: capacidade de comunicação, retorno (*feedback*) com colegas de equipe e apresentação de resultados, mostrando-se, desse modo, de grande valia no âmbito pessoal e profissional.

Portanto, pode-se concluir que os objetivos do estágio foram cumpridos com sucesso, visto que as metas traçadas foram alcançadas e os critérios requeridos foram integralizados, incrementando o saber do estagiário e viabilizando uma preparação preliminar para sua integração no campo profissional.

## Referências

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 16690:2018 - Sistemas Fotovoltaicos - Requisitos Mínimos para Aplicações Conectadas à Rede Elétrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- [2] ALLUMER ENGENHARIA E ENERGIA. Site. Disponível em: <https://www.allumer.eng.br/>. Acesso em: 03 maio 2024.
- [3] ALBA ENERGIA. Entenda o que é a estrutura de suporte para a fixação de painéis solares. 2023. Disponível em: <https://albaenergia.com.br/entenda-o-que-e-a-estrutura-de-suporte-para-a-fixacao-de-paineis-solares/>. Acesso em: 05 maio 2024.
- [4] ASSAIFE, B. M. Aterramento e Proteção de Sistemas Fotovoltaicos. 2013. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-on-grid/>. Acesso em: 05 maio 2024.
- [5] BRAGA, R. P. Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações. 2008. UFRJ.
- [6] CÂMARA, Carlos F. Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Universidade Federal de Lavras, UFLA, MG, 2011. Disponível em: [https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/07\\_monografia-carlos-fernando-camara.pdf](https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/07_monografia-carlos-fernando-camara.pdf). Acesso em: 23 abr. 2024.
- [7] CANAL SOLAR. Entenda as especificações básicas dos componentes da *string box*. 2019. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/entenda-as-especificacoes-basicas-string-box/#:~:text=mesmos%20princ%C3%ADpios%20b%C3%A1sicos.-,A%20string%20box%20%C3%A9%20o%20componente%20de%20prote%C3%A7%C3%A3o%20da%20parte,permite%20o%20seccionamento%20do%20circuito>. Acesso em: 05 maio 2024.
- [8] CRESESB/CEPEL. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Potencial Solar SunData v 3.0. . 2018. Disponível em: <https://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 29 abr. 2024.
- [9] CRESESB/CEPEL. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito; Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 2014. Disponível em: [https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf). Acesso em: 29 abr. 2024.
- [10] CRUZ, I. C., 2009. Fundamentos, Dimensionado y Aplicaciones de la Energia Solar Fotovoltaica. Inversores Conectados a red y autónomos. v. 1.
- [11] DALMARCO, Arthur Rodrigues et al. Regulação energética: sustentabilidade e inovação nos ambientes regulatórios brasileiro e estadunidense. 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/84616110>. Acesso em: 20 abr. 2024.

- [12] ECO AQUECEDORES. Energia Solar Fotovoltaica Off Grid. 2024. Disponível em: <https://www.ecoaquecedores.com.br/energia-solar-fotovoltaica-off-grid/>. Acesso em: 03 maio 2024.
- [13] ECO AQUECEDORES. Energia Solar Fotovoltaica Off Grid. 2024. Disponível em: <https://www.ecoaquecedores.com.br/energia-solar-fotovoltaica-off-grid/>. Acesso em: 03 maio 2024.
- [14] EQUATORIAL ENERGIA - PIAUÍ. Parecer de acesso. 2022. Disponível em: <https://pi.equatorialenergia.com.br/sua-conta/mini-e-micro-geracao/parecer-de-acesso/#micro-10>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- [15] ENERGIA SOLAR MASTER. Principais Componentes de um Sistema Fotovoltaico. 2021. Disponível em: <https://energiasolarmaster.com.br/2024/01/28/principais-componentes-de-um-sistema-fotovoltaico/>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- [16] FREITAS, Felipe. SHAREENERGY. Célula fotovoltaica: como funciona?. 2018. Disponível em: <https://www.shareenergy.com.br/como-funciona-celula-fotovoltaica/>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- [17] GESELLSCHAFT, F. S. D. Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers. Earthscan Publications Ltd., 2008. ISBN 1844074420.
- [18] HERING, G. Enter the dragon. Photon International, 2012.
- [19] INOVACARE SOLAR. Quais os Principais Elementos de um Sistema Fotovoltaico?. 2021. Disponível em: <https://inovacare.solar/publicacao/quais-os-principais-elementos-de-um-sistema-fotovoltaico/120>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- [20] INOVACARE SOLAR. Quais os Principais Elementos de um Sistema Fotovoltaico?. 2021. Disponível em: <https://inovacare.solar/publicacao/quais-os-principais-elementos-de-um-sistema-fotovoltaico/120>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- [21] NIEDZIALKOSKI, Rosana Krauss. Desempenho de Painéis Solares Mono e Policristalinos em um Sistema de Bombeamento de Água. Cascavel, Paraná – Brasil, 2013. Disponível em: [https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arq/files/PPGEA/Dissertacao\\_Rosana\\_K\\_Niedzialkoski.pdf](https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arq/files/PPGEA/Dissertacao_Rosana_K_Niedzialkoski.pdf). Acesso em: 10 abr. 2024.
- [22] Opus Solar. Como Surgiu a Energia Solar. 2020. Disponível em: <https://opussolar.com.br/como-surgiu-a-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- [23] Opus Solar. Como Surgiu a Energia Solar. 2020. Disponível em: <https://opussolar.com.br/como-surgiu-a-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 20 abr. 2024.