

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JONATHAN DE OLIVEIRA**

**CARTILHA EXPLICATIVA SIMPLIFICADA PARA ELABORAÇÃO DO  
DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS  
RESIDENCIAIS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE  
DISTRIBUIÇÃO**

**FLORIANÓPOLIS, 2023.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JONATHAN DE OLIVEIRA**

**CARTILHA EXPLICATIVA SIMPLIFICADA PARA ELABORAÇÃO DO  
DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS  
RESIDENCIAIS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE  
DISTRIBUIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador:

Prof. Dr. Samuel João da Silveira, Doutor em Engenharia Civil

Coorientador:

Prof. Dr. Fabrício Peter Vahl, Doutor em Engenharia de Produção

**FLORIANÓPOLIS, 2023.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Oliveira, Jonathan

Cartilha Explicativa Simplificada para Elaboração do Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Residenciais Conectados à Rede Elétrica de Distribuição / Jonathan Oliveira; orientação de Samuel João da Silveira; coorientação de Fabrício Peter Vahl. - Florianópolis, SC, 2023.

88 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Fotovoltaico. 2. Dimensionamento. 3. Cartilha.
4. Energia. I. João da Silveira, Samuel. II. Peter Vahl, Fabrício. III. Instituto Federal de Santa Catarina. IV. Cartilha Explicativa Simplificada para Elaboração do Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Residenciais Conectados à Rede Elétrica de Distribuição.

**CARTILHA EXPLICATIVA SIMPLIFICADA PARA ELABORAÇÃO DO  
DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAIS  
CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO**

**JONATHAN DE OLIVEIRA**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 12 de Dezembro, 2023.

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Prof.º Dr. Samuel João da Silveira, Doutor em Engenharia Civil

\_\_\_\_\_  
Prof.º Dr. Fabrício Peter Vahl, Doutor em Engenharia de Produção

\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dr. Ana Lígia Papst de Abreu, Doutora em Engenharia Civil

\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dr. Beatriz Francalacci da Silva, Doutora em Arquitetura

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho, representando uma etapa significativa na minha trajetória acadêmica.

Em primeiro lugar, agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) - Campus Florianópolis, por proporcionar um ambiente propício ao aprendizado e pela infraestrutura que tornou possível a realização deste estudo.

Às figuras fundamentais na condução deste trabalho, meus orientadores, Professores Samuel e Fabrício, dedico um agradecimento especial. Sua orientação especializada, paciência incansável e apoio constante foram elementos cruciais para o sucesso desta pesquisa.

À Banca Examinadora, representada pelas Professoras Ana e Beatriz, expresso minha gratidão pela análise cuidadosa, pelos comentários valiosos e pelas contribuições que enriqueceram substancialmente o conteúdo deste trabalho.

Aos colegas de curso, que compartilharam comigo esta jornada acadêmica, agradeço pela troca constante de conhecimentos, pela colaboração mútua e pela amizade que tornou essa experiência enriquecedora.

E por fim, à minha família, expresso minha eterna gratidão. Vocês foram a força motriz que impulsionou cada passo desta trajetória acadêmica. Seu amor e apoio constante foram a luz que guiou este caminho.

Cada um de vocês desempenhou um papel essencial na realização deste trabalho, e é com profundo apreço que reconheço a importância de cada contribuição. Compartilhamos juntos esta conquista, e por isso, meu mais sincero obrigado.

## RESUMO

Neste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de compilar ferramentas e métodos para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição. Com base nesse material, foi realizado um estudo de caso na qual foram dimensionados dois sistemas fotovoltaicos residenciais e confeccionado um manual simplificado que servirá como guia para profissionais da área, sejam engenheiros, técnicos ou demais profissionais. O manual apresenta um roteiro atualizado, claro, acessível e simplificado, visando garantir a eficiência do sistema. O presente trabalho é classificado como uma pesquisa acadêmica e se enquadra na categoria de pesquisa aplicada, pois busca solucionar um problema específico. Quanto à abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa, e os objetivos são exploratórios, demandando um levantamento bibliográfico abrangente. Cabe ressaltar que, apesar da existência de diversas fontes de informação sobre sistemas fotovoltaicos, não há um material atualizado com foco no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição. Ao final deste trabalho foi alcançado o objetivo de preencher essa lacuna, oferecendo um guia atualizado, claro e simplificado que orienta os passos necessários para o dimensionamento desses sistemas.

**Palavras-chave:** Fotovoltaico. Dimensionamento. Cartilha. Energia.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>9</b>
1.1	Justificativa .....	10
1.2	Definição do Problema .....	11
1.3	Objetivo Geral.....	11
1.4	Objetivos Específicos .....	12
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1	Legislações pertinentes aos sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição.....	13
2.2	Introdução à energia solar fotovoltaica .....	14
2.3	Componentes de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica de distribuição .....	15
2.3.1	Célula .....	15
2.3.1.1	<i>Silício monocristalino e policristalino.....</i>	<i>16</i>
2.3.2	Módulos.....	17
2.3.3	Conjuntos .....	18
2.3.4	Estrutura.....	20
2.3.5	Inversores .....	21
2.3.6	Quadros de proteção .....	23
2.4	Funcionamento de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica de distribuição.....	24
2.5	Dimensionamento de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica de distribuição.....	26
2.5.1	Métodos para estimar a produção de energia.....	27
2.5.1.1	<i>Demanda.....</i>	<i>27</i>
2.5.1.2	<i>Oferta .....</i>	<i>27</i>
2.5.2	Avaliação da variação sazonal do consumo de energia .....	28
2.5.3	Irradiação solar .....	29
2.5.4	Orientação e inclinação dos painéis solares. ....	30
2.5.5	Condições locais .....	34
2.5.6	Cálculo da potência do sistema; .....	34
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
3.1	Materiais e Equipamentos Utilizados .....	36
3.2	Métodos da Pesquisa .....	36
3.3	Apresentação das residências objeto do estudo de caso.....	38
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
4.1	Dimensionamento do sistema da residência já construída .....	45
4.2	Dimensionamento do sistema da residência em fase de projeto .....	51
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>58</b>
5.1	Sugestões para trabalhos futuros .....	58
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O sol é a maior fonte de energia renovável disponível ao homem, emitindo diariamente milhões de kWh de energia limpa à Terra. Essa energia vem sendo aproveitada em forma de calor ou em produção de energia elétrica através da conversão direta da radiação solar em eletricidade, que é denominada Energia Solar Fotovoltaica. Esta conversão se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF,2007).

De acordo com o Dr. Rodrigo Lopes Savaia, presidente executivo da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), o Brasil apresenta um potencial solar significativo, principalmente em sua região nordeste. Ele destaca que o país recebe uma irradiação solar média superior a 5 kWh/m<sup>2</sup> por dia, o que o coloca entre os locais com maior capacidade de captação de energia solar no mundo (ABSOLAR, 2023).

A produção residencial de energia por meio de painéis fotovoltaicos é uma opção quando o assunto é autossuficiência energética e construções sustentáveis. Os módulos fotovoltaicos são geralmente aplicados sobre as edificações, devido a maior taxa de radiação solar. Para este fim são utilizados módulos rígidos para sobreposição à cobertura existente (RÜTHER, 2004). Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três categorias principais: isolados, funcionando somente com alimentação da fonte fotovoltaica e baterias, conectados à rede elétrica de distribuição, onde o sistema funciona em conjunto com a rede, ou híbridos, que são conectados à rede, mas também armazenam a energia em baterias para uso quando necessário. Abordaremos neste trabalho somente sistemas conectados à rede elétrica de distribuição sem o uso de baterias.

Para a instalação e o funcionamento adequado de um sistema residencial conectado à rede elétrica, é imprescindível contar com a expertise de um profissional qualificado para elaborar e dimensionar o projeto do sistema. Conforme mencionado por Pimentel et al. (2016), o projetista deve estar familiarizado com as especificações desejadas para o sistema fotovoltaico, as condições climáticas do local de instalação, os custos envolvidos e informações adicionais fornecidas pelos fabricantes dos

equipamentos. Com base nesses elementos, o projetista será capaz de recomendar a melhor opção para o sistema em questão.

A elaboração do dimensionamento de um sistema de energia solar fotovoltaica demanda um vasto conhecimento na área, é um processo complexo, e que envolve uma série de etapas, desde a análise do consumo de energia até a instalação e monitoramento do sistema. Hoje, os engenheiros e técnicos que desejam trabalhar nesta área, devem: ter conhecimento técnico especializado na área de sistemas fotovoltaicos; conhecer os componentes, equipamentos e tecnologias e compreender suas características; devem realizar corretamente os cálculos de dimensionamento; seguir as normas e regulamentações e conhecer o processo de licenciamento.

Apesar de existirem diversas fontes de informações que podem servir como referência e fornecer as informações necessárias para a elaboração do dimensionamento de um sistema fotovoltaico, não há um material simplificado, acessível e atualizado que tenha o foco no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição e que apresente de forma clara os procedimentos para a realização do correto dimensionamento.

Posto isso, o objetivo deste trabalho é apresentar por meio de uma cartilha explicativa simplificada os caminhos para a elaboração do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição. Para tanto, foram apresentados dois estudos de caso no qual são destacados os procedimentos para direcionar o profissional durante o dimensionamento.

A cartilha é apresentada de forma clara e acessível, com o intuito de facilitar a sua aplicação prática e ajudar a disseminar o conhecimento da geração de energia solar fotovoltaica.

## **1.1 Justificativa**

Com a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de distribuição, é possível gerar a própria energia elétrica, e dessa forma, reduzir o consumo de energia fornecida pela concessionária. No entanto, para obter esse benefício é imprescindível a correta instalação do sistema, e para tanto é necessário

o acompanhamento de um profissional especialista na área, seja um técnico ou engenheiro competente.

Apesar de existirem várias fontes de informações, como o “Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos”, Pinho et al. (2014), e “Energia Fotovoltaica – manual sobre tecnologias, projeto e instalação”, GreenPro (2004), que podem servir como referência e fornecer as informações necessárias para a elaboração do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, não há um material atualizado, claro e simplificado que tenha o foco no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição.

Portanto, a confecção de uma cartilha simplificada para a elaboração do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição é de grande importância, pois irá auxiliar no processo de escolha e instalação do sistema, além de garantir um correto dimensionamento. Assim, espera-se contribuir para disseminar o conhecimento sobre a utilização da energia solar e incentivar a sua adoção como fonte de energia alternativa e sustentável.

## **1.2 Definição do Problema**

O uso de sistemas fotovoltaicos em residências é uma forma eficiente de geração de energia elétrica, entretanto o seu dimensionamento apresenta desafios e complexidades que podem dificultar o seu desenvolvimento, impedir a sua implantação e uso adequados.

Neste contexto, o problema do presente trabalho consiste na falta de um material simples, claro e atualizado que tenha o foco no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição e que apresente os passos para a sua correta elaboração.

## **1.3 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é apresentar os procedimentos para a elaboração do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica

de distribuição, por meio do desenvolvimento de dois estudos de casos e uma cartilha simplificada.

#### **1.4 Objetivos Específicos**

Com o intuito de alcançar o objetivo geral, foram estabelecidas etapas de desenvolvimento, as quais são apresentadas a seguir:

- a) Verificar ferramentas para o desenvolvimento do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição;
- b) Dimensionar dois sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição;
- c) Elaborar uma cartilha explicativa simplificada que apresente os caminhos para a elaboração do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo será apresentada uma introdução a energia solar fotovoltaica, os componentes que compõem um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de distribuição, além dos métodos de dimensionamento e legislações pertinentes.

### **2.1 Legislações pertinentes aos sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição**

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 e do decreto nº 2.335/1997. Dentre suas atribuições principais estão: regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica e estabelecer tarifas e fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica.

Desde que iniciou suas atividades em dezembro de 1997, a ANEEL juntamente com o Governo Federal, por meio de Leis, Decretos e Resoluções, vem regulamentando o setor de energia no país. Atualmente a autoprodução de energia solar está normatizada pela resolução ANEEL nº 876 de 2020, na qual define os requisitos e procedimentos para obtenção de outorga de autorização e registro do sistema.

A definição de regras para a conexão, faturamento de centrais de geração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica e regras do sistema de compensação de energia elétrica, dentre outras regras, são encontradas nas inúmeras resoluções normativas ANEEL (RNA) vigentes, como a RNA nº 920, de 23 de fevereiro de 2021, nº 956, de 7 de dezembro de 2021, nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021 e a RNA nº 1009, de 22 de março de 2022.

Além do regramento determinado pela ANEEL, existem também algumas normas técnicas brasileiras que são utilizadas para trabalhos com sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição, como a ABNT NBR 16690:2019 – Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto e a NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão.

Para a conexão do sistema fotovoltaico com o sistema elétrico da rede de distribuição, cada concessionária também determina alguns requisitos. No caso da CELESC, concessionária que atende parte de Santa Catarina, estes requisitos estão descritos na normativa I-432.0004 - Requisitos para a conexão de micro ou minigeradores de energia ao sistema elétrico da CELESC distribuição.

Portanto essas são algumas das legislações pertinentes aos sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição. Será feita agora uma breve introdução à energia solar fotovoltaica, sua história e classificação.

## **2.2 Introdução à energia solar fotovoltaica**

A transformação da energia contida na radiação luminosa em energia elétrica é um fenômeno físico conhecido como efeito fotovoltaico. Observado primeiramente pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839, o efeito fotovoltaico ocorre em certos materiais semicondutores com capacidade de absorver energia contida nos fótons presentes na radiação luminosa incidente, transformando-a em eletricidade (Zilles et al., 2012, p.13).

A continuidade das investigações por outros cientistas levou ao desenvolvimento de células fotovoltaicas que tinham inicialmente eficiências muito pequenas (cerca de 5% da eficiência obtida atualmente). Tendo permanecido como curiosidade científica durante mais de um século, os dispositivos fotovoltaicos tiveram grande desenvolvimento nas décadas de 1970 a 1990. Inicialmente usado em aplicações na indústria aeroespacial, o efeito fotovoltaico posteriormente ganhou força em aplicações terrestres para a geração de energia elétrica (Villalva e Gasoli, 2013, p. 68).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três classes principais: isolados, conectados à rede elétrica de distribuição e híbridos. Os sistemas fotovoltaicos isolados, que também são chamados de sistemas fotovoltaicos autônomos, são empregados em locais não atendidos pela rede elétrica e se utilizam de baterias. Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica de distribuição são empregados em locais atendidos pela rede, esse tipo de sistema fotovoltaico opera apenas com a presença da rede elétrica e são instalados com o intuito de reduzir a

energia elétrica consumida pelo usuário. Há também os sistemas híbridos, que além de serem conectados à rede elétrica de distribuição e reduzir o consumo da rede, armazenam a energia em baterias para uso quando necessário (Ó e Costa, 2019). Neste trabalho, abordaremos somente os sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição, sem o uso de baterias.

### **2.3 Componentes de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica de distribuição**

Para compreender o funcionamento de um sistema fotovoltaico, primeiramente é necessário conhecer os materiais e componentes que o compõem.

#### **2.3.1 Célula**

As células fotovoltaicas constituem as unidades mais básicas do sistema fotovoltaico. Essas células transformam a energia do Sol em energia elétrica para consumo humano. Essa conversão da luz solar em energia elétrica chama-se efeito fotovoltaico e uma única célula normalmente tem uma vida útil aproximada de 10 a 40 anos (Balfour, 2013, p. 171).

De acordo com Villalva e Gasoli (2013), o silício é o material semicondutor mais usado na fabricação de células e foi o primeiro comercialmente utilizado. Embora existam diversos tipos de materiais, as células solares de silício são atualmente a tecnologia com maior penetração no mercado devido ao fato de sua tecnologia de fabricação já estar bem desenvolvida e sua matéria-prima ser barata e abundante.

Atualmente, há uma variedade de tecnologias disponíveis para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos. Mas, segundo o Portal Solar (2023), a maior parte das grandes usinas fotovoltaicas e dos projetos de geração distribuída instalados em residências e empresas no Brasil utiliza módulos fotovoltaicos com células de silício cristalino, em especial a do tipo policristalino. Recentemente, entretanto, os módulos monocristalinos estão se tornando tendência devido à queda de seus preços e liderando o volume comercializado no Brasil.

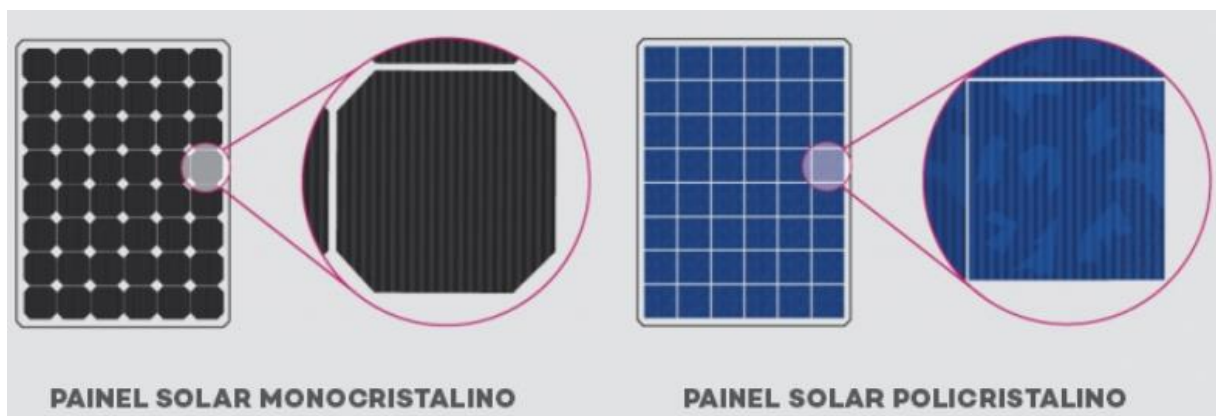
### 2.3.1.1 Silício monocristalino e policristalino

As células de silício monocristalino são as mais eficientes produzidas em larga escala e disponíveis comercialmente. Alcançam eficiências de 15 a 18%, mas tem um custo de produção mais elevado do que outros tipos de células. São células rígidas e quebradiças que precisam ser montadas em módulos para adquirir resistência mecânica para o uso prático (Villalva e Gasoli, 2013, p. 70).

As células de silício policristalino têm eficiências comerciais entre 13 e 15%, ligeiramente inferiores às das células monocristalinas, entretanto seu custo de fabricação é menor e isso compensa a redução de eficiência. Assim como as monocristalinas, elas são células rígidas e quebradiças, que precisam ser montadas em módulos para adquirir resistência mecânica (Villalva e Gasoli, 2013, p. 71).

Conforme ilustra a Figura 2, as células monocristalinas apresentam uma aparência uniforme, geralmente em tons de azul escuro ou preto, podendo adquirir variações de cor dependendo do tratamento antirreflexo aplicado. Por outro lado, as células fotovoltaicas policristalinas exibem manchas em sua coloração devido ao tipo de silício usado em sua fabricação, apresentando uma aparência heterogênea. Geralmente, são encontradas na cor azul, mas sua tonalidade também pode variar de acordo com o tratamento antirreflexo utilizado.

**Figura 1 – Aparência das Células Fotovoltaicas**



Fonte: NeoSolar (2023).

### 2.3.2 Módulos

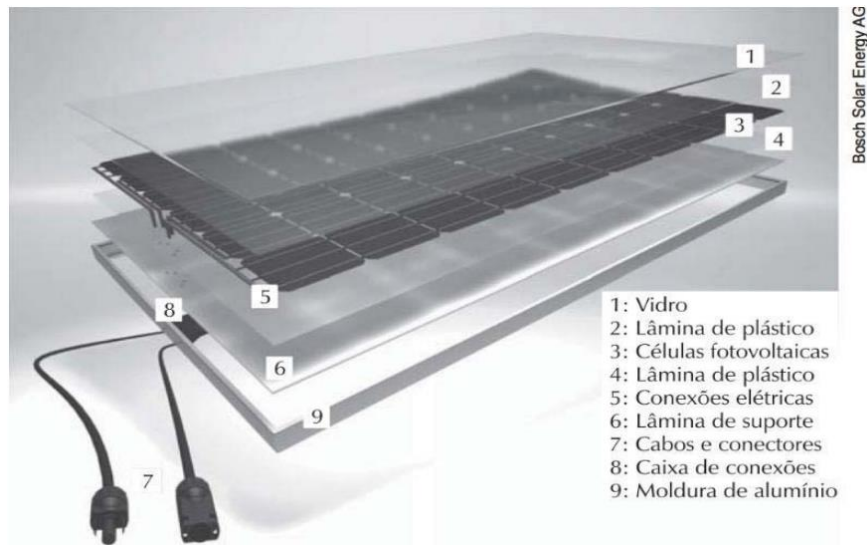
Uma célula sozinha produz pouca eletricidade, então várias células são agrupadas para produzir painéis, placas ou módulos fotovoltaicos. Os termos módulo, placa ou painel têm o mesmo significado e são usados indistintamente na literatura para descrever um conjunto empacotado de células fotovoltaicas disponível comercialmente (Villalva e Gasoli, 2013, p. 74).

Segundo Villalva e Gasoli (2013), a corrente elétrica produzida por uma célula depende da sua área, pois a corrente elétrica depende diretamente da quantidade de luz recebida pela célula. Quanto maior a área, maior a captação de luz e maior a corrente fornecida. Então, um módulo fotovoltaico é constituído de um conjunto de células montadas sobre uma estrutura rígida e conectadas eletricamente.

A estrutura do módulo protege as células fotovoltaicas (FV) do desgaste externo decorrente do clima e do ambiente em geral. Os módulos ficam sujos por causa de poeira, sujeira e poluição. Até mesmo os pássaros e animais podem danificar o equipamento FV, mas os módulos são construídos para proteger as células encapsuladas dentro deles (Balfour, 2013, p. 174).

Na parte traseira, o módulo fotovoltaico é equipado com uma caixa de conexões elétricas, na qual os cabos elétricos são conectados. Geralmente, os cabos são fornecidos juntamente com os módulos e possuem conectores padronizados, permitindo uma conexão rápida dos módulos em série ou em paralelo. Conforme exemplificado na figura 2.

**Figura 2 – Componentes de um módulo fotovoltaico**



Fonte: Villalva e Gasoli (2013).

### 2.3.3 Conjuntos

O sistema começa com um grupo de células fotovoltaicas interligadas e encapsuladas em um módulo. Algumas vezes um módulo é suficiente para produzir a quantidade necessária de eletricidade. Na maioria das vezes é o que acontece nas aplicações muito pequenas, como as calculadoras e relógios alimentados por energia solar. Um módulo poderia ser suficiente para alimentar um poste de iluminação pública, mas certamente um módulo não tem rendimento suficiente para alimentar uma residência ou aplicação grande (Balfour, 2013, p. 174).

Os sistemas fotovoltaicos podem empregar um grande número de módulos conectados em série ou em paralelo para produzir a quantidade de energia elétrica desejada, esse agrupamento de módulos é denominado arranjo ou conjunto fotovoltaico. Os conjuntos de módulos em série, chamados de *strings*, são comuns em sistemas conectados à rede elétrica de distribuição, que operam com tensões mais elevadas. Por outro lado, os conjuntos de módulos em paralelo são comuns em sistemas fotovoltaicos autônomos, que operam com tensões baixas (Villalva e Gasoli, 2013, p. 86).

De acordo com Villalva e Gasoli (2013), quando os módulos são conectados em paralelo, a tensão de saída do conjunto é igual à tensão fornecida por um módulo individual e a corrente fornecida pelo conjunto é a soma das correntes de

cada módulo. Por outro lado, quando os módulos são conectados em série, a tensão de saída do conjunto é a soma das tensões de cada módulo, enquanto a corrente que percorre o conjunto é a mesma em todos os módulos. Por esse motivo, os módulos em série dependem uns dos outros para produzir corrente, o que torna o sombreamento bastante prejudicial. Portanto, a escolha da localização desses módulos fotovoltaicos deve ser cuidadosa, de modo a evitar sombras sobre suas superfícies, pois se um dos módulos do conjunto receber menos luz do que os demais, a corrente elétrica de todo o conjunto será reduzida, resultando em menor produção de energia pelo sistema.

A *string* se baseia no número de módulos combinados para produzir uma faixa de tensão específica para alimentar o inversor. O múltiplo de *strings*, seja de 1 ou 1.000, é combinado para formar um conjunto. O número de módulos em um conjunto determina a quantidade de energia gerada pelo sistema FV. O conjunto é o maior componente físico do sistema FV (Balfour, 2013, p. 176).

**Figura 3 – Conjunto de módulos fotovoltaicos**



Fonte: Balfour (2013).

Segundo Balfour (2013), os conjuntos necessitam de uma montagem adequada que estimule o fluxo de ar sobre eles e evite contato com a umidade do solo. Para isso, existem diferentes opções de montagens e estruturas que funcionam melhor para cada contexto. Essas estruturas serão abordadas na próxima seção.

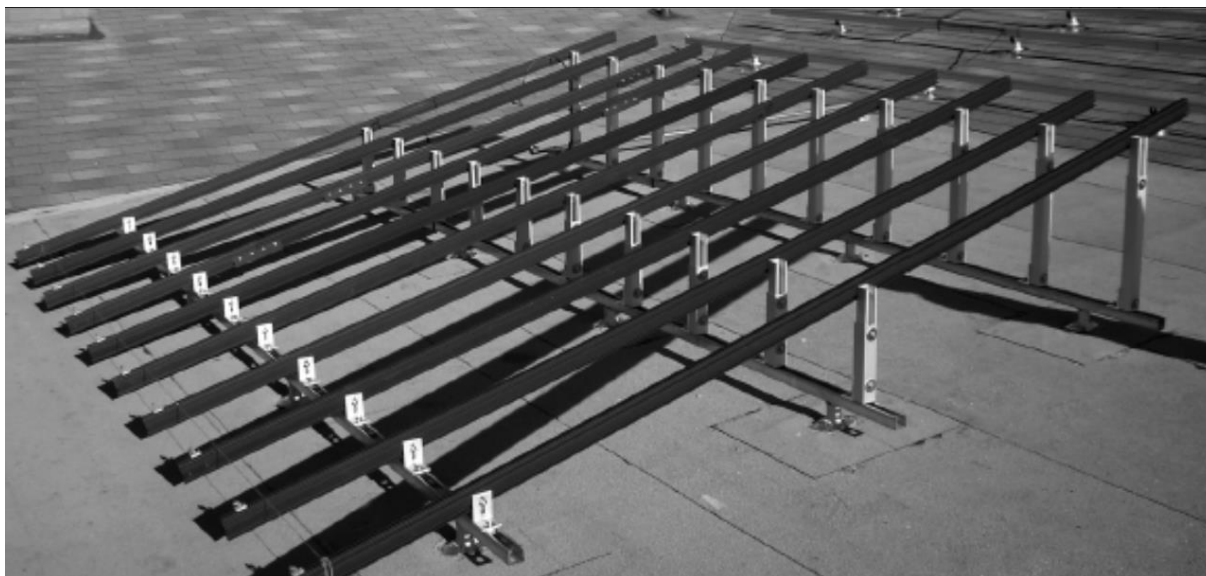
### 2.3.4 Estrutura

Ao selecionar a estrutura apropriada para cada local, deve-se levar em consideração uma série de fatores. Conforme destacado por Balfour (2013), é crucial posicionar os módulos de forma a maximizar a captação da energia solar, evitando sombras que possam reduzir o desempenho. Além disso, é importante posicionar os módulos próximos ao inversor para minimizar as perdas de energia e garantir que a manutenção possa ser realizada de maneira fácil e regular.

Em ambientes comerciais, é possível posicionar os conjuntos sobre a área de estacionamento, enquanto em áreas rurais existem estruturas que permitem a montagem dos módulos diretamente no solo. No caso de residências, é mais comum integrar os módulos ao telhado existente. Nesse sentido, deve-se estar atento às variações e tipos de telhado, levando em conta também o impacto do peso adicional que os módulos representarão sobre a estrutura. Essa análise minuciosa é fundamental para garantir a segurança e a eficiência do sistema fotovoltaico.

As montagens em *racks* são amplamente utilizadas devido à sua versatilidade em diferentes situações. Elas podem ser ajustadas para acompanhar a inclinação de um telhado, proporcionando uma integração harmoniosa. Além disso, os racks permitem aplicar inclinações próprias, possibilitando a otimização da captura de energia solar. Segundo Balfour (2013), os racks podem ser montados sobre quase qualquer coisa: toldos, telhados, solo e até mesmo nas laterais das edificações. Na figura 4 ele está montado sobre a cobertura plana de uma edificação.

Figura 4 – Exemplo de montagem de um rack



Fonte: Balfour (2013).

Essa adaptabilidade torna os *racks* uma opção popular e viável para o posicionamento dos painéis solares, proporcionando benefícios funcionais. A próxima seção abordará a importância dos inversores nesse contexto, explorando seu papel na conversão e otimização da energia solar captada pelos painéis.

### 2.3.5 Inversores

De acordo com Pereira & Oliveira (2011), a energia elétrica na saída dos módulos fotovoltaicos é em corrente contínua (CC). Isto inviabiliza a sua aplicação direta na maioria dos equipamentos que trabalham, somente, em corrente alternada (CA). Para a solução deste problema, empregam-se os inversores, capazes de realizar a conversão desta tensão contínua para um valor de tensão em CA. Além disso, este equipamento é capaz de ajustar a frequência e nível de tensão gerada, para que o sistema possa ser conectado à rede pública, de acordo com as normas vigentes estabelecidas pela ANEEL e da concessionária de distribuição de energia elétrica.

Os inversores estão disponíveis em uma ampla variedade de tamanhos e recursos. A maioria das residências precisa de inversores na faixa de 2.500 W a 10.000 W. O tipo de inversor depende do tipo de sistema FV e das metas e objetivos do cliente. Os sistemas FV que interagem com a rede elétrica de distribuição precisam

ter inversores de onda senoidal apropriados, chamados inversores síncronos, com *grid-tie*, ou *on-grid*, esses inversores devem ter a capacidade de pegar a eletricidade do sistema FV e a combinar em termos de frequência e tensão com a rede de distribuição de energia conectada. Isso permite que o inversor receba e envie energia para a rede (Balfour, 2013, p. 176). Segue na figura 5, exemplo de inversor de aplicação residencial.

**Figura 5 – Inversor Goodwe de aplicação residencial (3kw)**



Fonte: Goodwe (2023).

Os inversores, de acordo com Balfour (2013), criam uma pequena quantidade de perda de saída durante o processo de conversão CC para CA. A carga afeta a eficiência do inversor e estima-se que a maioria dos inversores usufrua de uma maior eficiência quando a saída é igual a aproximadamente 30 a 70% de sua capacidade nominal.

Assim como todos os componentes do sistema FV, os inversores são afetados pela temperatura e requerem atenção especial nesse aspecto. Segundo Balfour (2013), há um acúmulo de calor residual dentro deles e por isso, ventiladores, dissipadores de calor e aletas de refrigeração são embutidos nos inversores para reduzir o excesso de calor. Normalmente os inversores também apresentam uma programação interna que reduz a sua atividade, caso a temperatura interna alcance limites estabelecidos.

Os inversores também possuem a capacidade de se comunicar com a internet, o que é fundamental para o monitoramento e compreensão do sistema fotovoltaico (FV) e sua operação. Essa funcionalidade permite que os proprietários e profissionais do setor acompanhem de forma mais fácil e eficiente o desempenho do sistema FV. Além disso, a comunicação com a internet possibilita a reprogramação

conveniente do inversor em determinados sistemas. Vale ressaltar que a comunicação com a internet não é essencial para o funcionamento básico do sistema, porém, à medida que nossas residências se tornam cada vez mais informatizadas, essa conexão se torna cada vez mais útil.

Além da proteção contra altas temperaturas, mencionada anteriormente, o inversor desempenha várias outras funções. Ele está sujeito a uma norma específica do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), Portaria nº 140, de 21 de março de 2022, que aprova o regulamento técnico da qualidade e os requisitos de avaliação da conformidade para equipamentos de geração, condicionamento e armazenamento de energia elétrica em sistemas fotovoltaicos. Essa portaria estabelece exigências para componentes de proteção contra sobretensão, subtensão e variações de frequência, assim como para falta de energia na rede e desligamento obrigatório (anti-ilhamento), entre outros.

Outras medidas de proteção dos sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição serão apresentadas a seguir.

### 2.3.6 Quadros de proteção

De acordo com a ABNT NBR 5410:2004, os condutores devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e contra curtos-circuitos. E é por esse motivo que em um projeto de sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de distribuição são previstos dois quadros de proteção, um para corrente contínua, que fica entre o conjunto fotovoltaico e o inversor, chamado comumente de *string box*, e outro para corrente alternada, localizado entre o inversor e a rede elétrica, comumente chamado de *connection box*.

A *string box* é composta por um disjuntor CC, que protege os cabos contra sobrecargas e curtos-circuitos e tem a função de permitir o seccionamento do circuito sob carga, e pelo dispositivo de proteção de surto (DPS). O quadro de proteção CC pode ter a função da caixa de *strings*. No mesmo quadro deve estar presente o barramento de aterramento, necessário para coletar as ligações à terra das estruturas metálicas e carcaças dos módulos fotovoltaicos (Villalva e Gasoli, 2013, p. 197).

A *connection box* faz a conexão entre os inversores do sistema fotovoltaico e a rede elétrica, neste quadro além do DPS, têm-se a presença de um disjuntor diferencial residual (DDR) na entrada, que pode ser substituído por um disjuntor termomagnético combinado com um interruptor diferencial residual (IDR).

Os quadros de proteção desempenham um papel de extrema importância nos sistemas fotovoltaicos, visto que seu custo é significativamente baixo em comparação aos danos potenciais que podem ocorrer nos equipamentos do sistema, como módulos e inversores, devido a curtos-circuitos e sobretensões causadas por descargas atmosféricas. Além disso, eles também facilitam a instalação e manutenção dos sistemas.

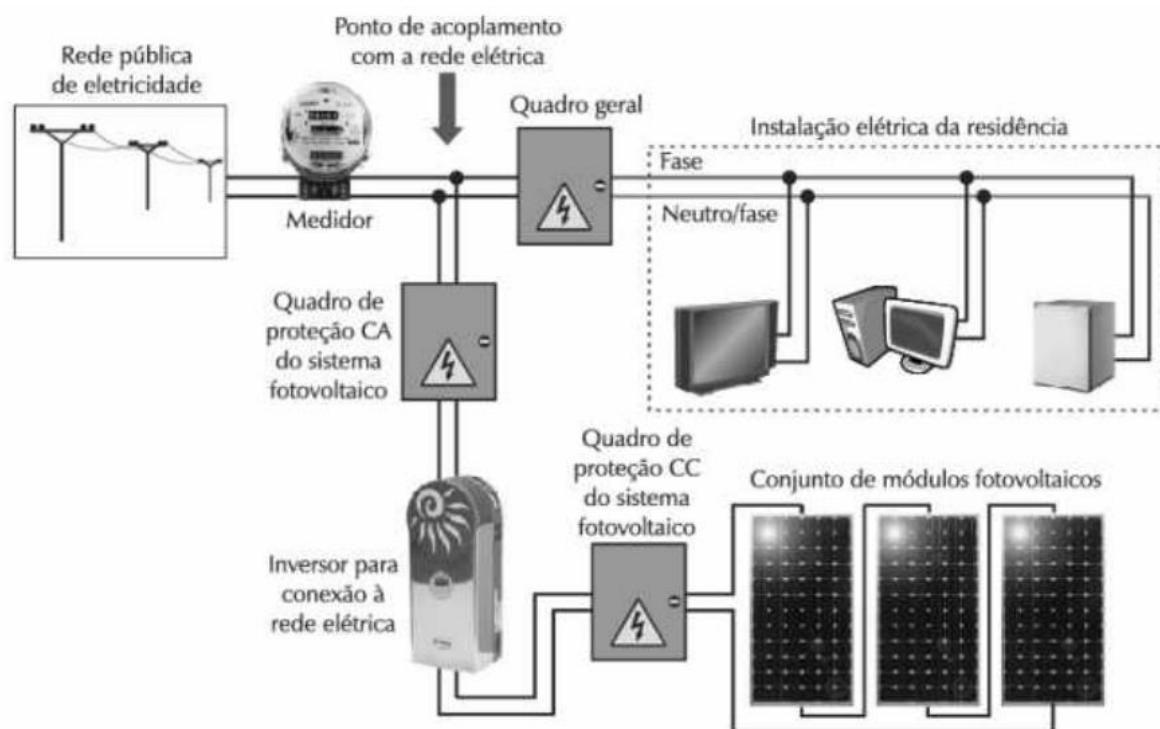
#### **2.4 Funcionamento de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica de distribuição**

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica de distribuição podem ser classificados em três categorias de acordo com seu tamanho. Seguindo as definições utilizadas pela ANEEL essas categorias são:

a) Geração Distribuída em Escala: Representa sistemas fotovoltaicos de grande porte, com potência instalada acima de 5 MW. Esses sistemas são utilizados em usinas solares de maior escala, como parques solares, e estão conectados à rede elétrica em alta tensão; b) Minigeração Distribuída: Compreende sistemas fotovoltaicos de médio porte, com potência instalada superior a 75 kW e até 5 MW. Eles são geralmente utilizados por estabelecimentos comerciais, industriais, rurais ou públicos que possuem uma demanda de energia maior; c) Microgeração Distribuída: Refere-se a sistemas fotovoltaicos de pequeno porte, com potência instalada de até 75 kW (limite para conexão do usuário à rede de baixa tensão, sem necessidade de transformador próprio) para consumidores residenciais e até 100 kW para consumidores comerciais, industriais e rurais.

O sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica de distribuição se enquadra como um sistema de microgeração distribuída. A figura 6 ilustra o funcionamento deste sistema.

Figura 6 – Esquema de funcionamento do sistema solar FV residencial conectado à rede



Fonte: Villalva e Gasoli (2013).

O sistema é composto por um conjunto de módulos fotovoltaicos, um inversor para a conexão à rede, quadros elétricos e um medidor de energia.

O sistema de tarifação utilizado no Brasil para esses casos, segundo Villalva e Gasoli (2013) é a tarifação medida da energia líquida. Nesse tipo de tarifação existe um medidor eletrônico bidirecional que registra a energia que a residência consome da rede elétrica pública e a energia que a residência produz e eventualmente exporta para a rede elétrica. De acordo com esse sistema de tarifação, o consumo líquido de energia pelo consumidor é calculado subtraindo-se a quantidade de energia injetada na rede pelo seu sistema da quantidade de energia consumida. Assim, o consumidor paga apenas pela diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede, caso tenha consumido mais energia do que seu sistema tenha injetado.

É importante ressaltar a obrigatoriedade do pagamento da tarifa de disponibilidade, também conhecida como taxa básica, estabelecida pela ANEEL. Conforme a regulamentação vigente, os sistemas monofásicos devem pagar uma taxa mínima de 30 kWh, os sistemas bifásicos 50 kWh e os sistemas trifásicos 100 kWh.

Mesmo que o consumidor consiga compensar totalmente o seu consumo com a energia injetada na rede elétrica, ele ainda é responsável pelo pagamento dessa taxa mínima de consumo mensal. Portanto, no sistema de tarifação atual, não é adequado dimensionar o sistema fotovoltaico apenas com base na demanda de energia da residência, é essencial considerar também a tarifa de disponibilidade, que estabelece uma quantidade mínima de energia a ser paga mensalmente, independentemente do consumo efetivo. Ao dimensionar o sistema, é fundamental levar em consideração tanto a demanda de energia da residência quanto a tarifa de disponibilidade, a fim de garantir um dimensionamento adequado e evitar custos desnecessários.

Esse sistema de tarifação permite registrar a energia excedente gerada pela residência durante o dia, gerando créditos de energia que são posteriormente descontados na conta de eletricidade. No Brasil, conforme a resolução nº 1.059 de 2023 da ANEEL, caso haja um excedente de energia injetada na rede durante o mês, ou seja, quando a energia injetada é maior do que a energia consumida pelo usuário, esses créditos de energia podem ser utilizados por até 60 meses a partir da data de faturamento em que foram gerados. Além disso, esses créditos também podem ser transferidos para outra unidade consumidora do mesmo titular. Dessa forma, o consumidor tem um prazo de 60 meses para utilizar a energia gerada pelo seu sistema fotovoltaico.

Assim, com a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede da sua residência, o usuário consumidor além de estar contribuindo para a redução de emissões de gases de efeito estufa e para a preservação do meio ambiente, também pode desfrutar de benefícios econômicos significativos. Ao gerar parte da energia consumida pelo imóvel, o resultado é uma imediata redução nas contas de energia elétrica.

## **2.5 Dimensionamento de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica de distribuição**

Para que o sistema fotovoltaico possa cumprir o papel que lhe é proposto é necessário um correto dimensionamento. Alguns critérios e métodos para tal serão abordados nesta seção.

## 2.5.1 Métodos para estimar a produção de energia

No processo de dimensionamento de um sistema conectado à rede, o primeiro passo é determinar a quantidade de energia que se deseja produzir. Essa é uma decisão tomada levando em consideração alguns critérios que serão abordados nesta seção.

### 2.5.1.1 *Demanda*

De acordo com Villalva e Gasoli (2013), a quantidade de energia que se deseja produzir com um sistema fotovoltaico pode ser determinada com base no consumo médio mensal de eletricidade, obtido a partir dos dados presentes na conta de energia elétrica. Dessa forma, é possível suprir parcial ou integralmente a demanda de energia de um determinado consumidor. No entanto, no sistema de tarifação adotado no Brasil, como já mencionado na seção 2.4, não é interessante buscar suprir integralmente o consumo de energia devido à existência da tarifa de disponibilidade.

Quando se trata de residências sem histórico de consumo de eletricidade, como casas recém-construídas ou em fase de projeto, é possível realizar uma estimativa do consumo de energia com base nos equipamentos que serão utilizados pelo consumidor e a forma como serão utilizados. Para isso, é necessário considerar a potência dos aparelhos e a frequência de uso, levando em conta as horas de funcionamento diário, semanal ou mensal de cada equipamento. Com essas informações, é possível calcular a demanda de energia esperada para a residência. Vale ressaltar que essa é uma estimativa e pode haver variações no consumo real, dependendo do uso efetivo dos equipamentos e dos hábitos dos moradores. Portanto, é importante revisar e ajustar essa estimativa à medida que a residência começa a operar e os padrões de consumo são estabelecidos.

### 2.5.1.2 *Oferta*

Outra abordagem para determinar a energia a ser produzida por um sistema fotovoltaico é considerar a capacidade de oferta de energia, que está relacionada ao espaço disponível para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Com

base nisso, é possível calcular a produção de energia diária ou mensal do sistema, levando em consideração o número de módulos que podem ser instalados.

Uma das considerações importantes na escolha de um sistema fotovoltaico é o aspecto econômico, levando em conta o limite de investimento que o consumidor está disposto a realizar. Ao definir o investimento máximo que o consumidor deseja fazer, é possível adequar o tamanho e a capacidade do sistema fotovoltaico de acordo com o orçamento disponível. Isso pode envolver ajustes na potência instalada, na quantidade de módulos solares ou em outros componentes do sistema.

É importante ressaltar que, embora a escolha baseada em critérios econômicos seja relevante, é fundamental buscar o equilíbrio entre o investimento inicial e o retorno financeiro ao longo do tempo. É recomendado realizar análises de viabilidade econômica, considerando os custos iniciais, as economias geradas na conta de eletricidade e o período de retorno do investimento.

O cálculo preciso da potência do sistema fotovoltaico requer a consideração de questões como a irradiação solar local, variação sazonal do consumo de energia da residência e condições de sombreamento. Esses elementos desempenham um papel crucial na determinação da capacidade adequada do sistema, garantindo uma estimativa precisa da energia a ser gerada e serão abordados a seguir.

### 2.5.2 Avaliação da variação sazonal do consumo de energia

A energia que se deseja produzir com o sistema fotovoltaico é a primeira informação necessária para início do dimensionamento, segundo Balfour (2013), deve-se considerar as necessidades energéticas anuais médias de uma residência. Isso pode ser determinado examinando o valor das contas de energia no ano, por exemplo. A necessidade energética média de cada local precisa ser considerada individualmente, isso porque cada usuário utiliza a energia de maneira bem diferente.

Ao avaliar uma conta de energia, percebe-se uma variação ao longo dos meses do ano. A variação sazonal do consumo de energia é um indicador claro que o consumo de energia das residências no Brasil é relacionado à variação climática – o que é um fato amplamente conhecido no estudo do ambiente construído. A variação

sazonal provavelmente decorre do uso de equipamentos para melhorar o conforto térmico, durante os meses de verão especialmente por conta de ar-condicionado e ventiladores, e durante os meses do inverno pela utilização do chuveiro em sua potência máxima (Giraldi et al., 2022).

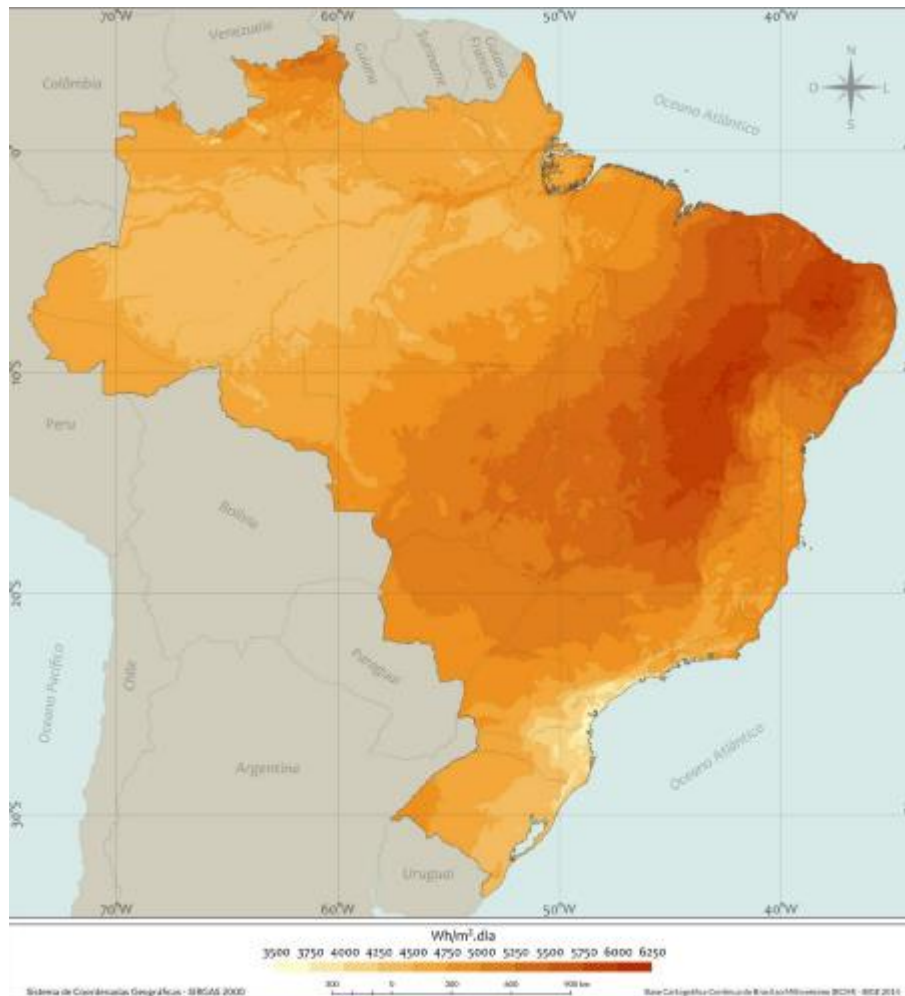
Logo, não considerar esta variação sazonal é um erro, levar em consideração no dimensionamento somente os meses de verão ou somente os meses de inverno pode ocasionar um superdimensionando ou mesmo um subdimensionamento do sistema da residência.

### 2.5.3 Irradiação solar

Outro fator importantíssimo a se considerar no momento do dimensionamento de um sistema fotovoltaico, é a irradiação média na região da residência. Pois de acordo com Atlas (2008), a radiação solar não atinge de maneira uniforme toda a crosta terrestre. Depende da latitude, da estação do ano e de condições atmosféricas como nebulosidade e umidade relativa do ar.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), o Brasil tem um potencial de energia solar muito alto. A irradiação global horizontal média anual no Brasil é de 1.700 kWh/m<sup>2</sup>, o que é superior à média global de 1.500 kWh/m<sup>2</sup>. A região com maior irradiação solar é o Nordeste, com uma média anual de 2.000 kWh/m<sup>2</sup>. O Centro-Oeste e o Sudeste também têm um potencial de energia solar significativo, com médias anuais de 1.800 kWh/m<sup>2</sup> e 1.600 kWh/m<sup>2</sup>, respectivamente. A Figura 7 ilustra esse potencial por região.

**Figura 7 – Variação da radiação solar no Brasil**



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017).

Portanto, deve-se estar atento ao nível de radiação diário médio no local da edificação, para que possa realizar o dimensionamento da maneira mais próxima o possível da demanda necessária.

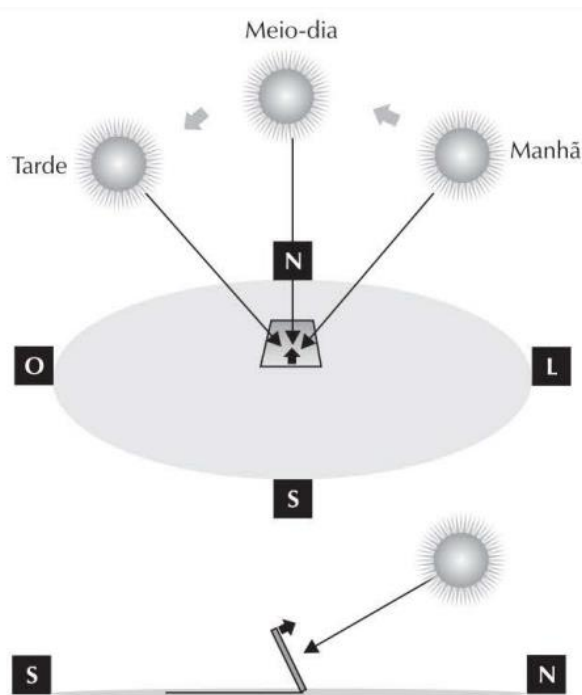
#### 2.5.4 Orientação e inclinação dos painéis solares.

Nesta seção serão abordados os conceitos de declinação solar, altura solar e ângulo de incidência dos raios solares, para que assim possa-se definir o ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos. Além de indicar qual a orientação correta para eles.

De acordo com Villalva e Gasoli (2013), a instalação correta de um módulo solar fotovoltaico deve levar em conta o movimento diário do Sol. A melhor maneira

de instalar um módulo solar fixo é orientá-lo com sua face voltada para o norte geográfico, conforme mostra a figura 8. Essa orientação melhora o aproveitamento da luz solar ao longo do dia, pois durante todo o tempo o módulo tem raios solares incidindo sobre sua superfície, com maior incidência ao meio-dia solar, quando o módulo fica exatamente de frente para o Sol. Nas localidades que estão acima da linha do equador deve-se orientar o painel para o sul geográfico.

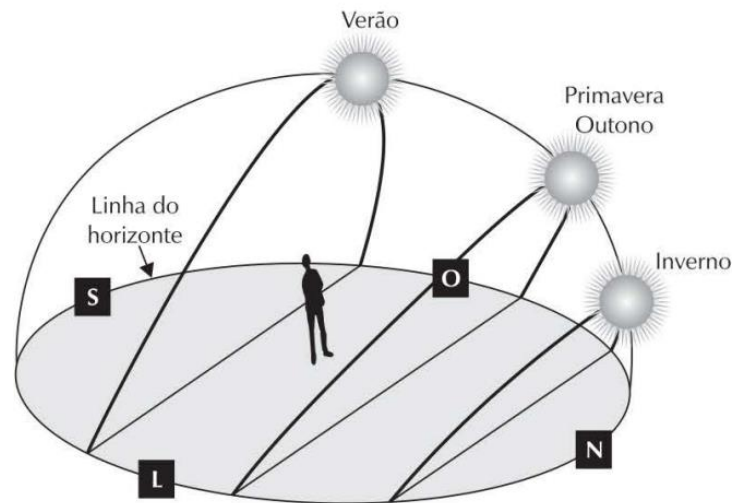
**Figura 8 – Orientação correta do módulo solar, com a face voltada para o norte geográfico**



Fonte: Villalva e Gasoli (2013).

Para explicar a correta inclinação de um módulo solar, deve-se primeiro entender alguns conceitos. Segundo Villalva e Gasoli (2013), a declinação solar é o ângulo dos raios solares com relação ao plano do equador, esse ângulo é consequência da inclinação do eixo de rotação da Terra. Devido a existência deste ângulo de declinação solar, o sol nasce e se põe em diferentes pontos do céu e descreve uma trajetória com inclinação diferente em cada dia do ano, como ilustra a figura 9. A altura do Sol no céu é maior nos dias de verão, e nos dias de inverno a altura solar no céu é menor e o observador enxerga o sol mais baixo, próximo da linha do horizonte.

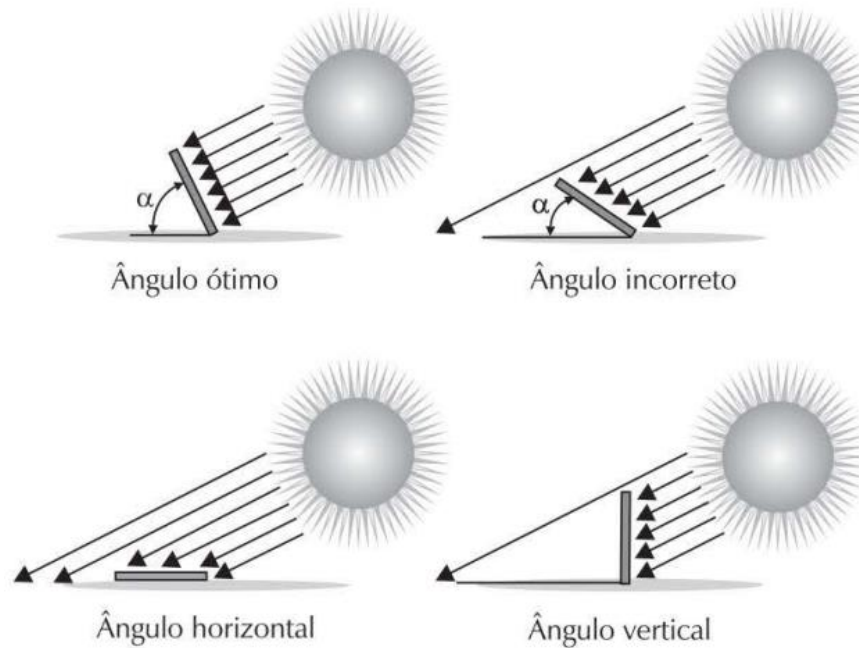
**Figura 9 – Trajetória do movimento aparente do sol ao longo do ano**



Fonte: Villalva e Gasoli (2013).

Ainda segundo Villalva e Gasoli (2013), o modo como os raios solares incidem sobre a superfície terrestre depende da posição do Sol no céu. O melhor aproveitamento da energia solar ocorre quando os raios incidem perpendicularmente ao módulo. Naturalmente, com o módulo em ângulo de inclinação fixo não se consegue maximizar a captação dos raios solares em todos os dias ou meses do ano, mas é possível escolher um ângulo que possibilite uma boa produção média de energia ao longo do ano. A figura 10 mostra a energia captada por um módulo com três ângulos de inclinação diferentes. Dependendo da inclinação adotada, a energia produzida pode ser maximizada ao longo do ano, somente nos meses de verão ou somente nos meses de inverno.

**Figura 10 – Efeito da inclinação do módulo fotovoltaico na captação de energia**



Fonte: Villalva e Gasoli (2013).

Uma regra simples para a escolha do ângulo de instalação, adotada por muitos fabricantes de módulos fotovoltaicos, é apresentada na tabela a seguir:

**Tabela 1 – Escolha do ângulo de inclinação do módulo**

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: Villalva e Gasoli (2013).

É possível obter o ângulo de latitude de uma localidade consultando um atlas com mapas do Brasil, tabelas ou utilizando a ferramenta de mapas do Google. Assim, escolhendo o ângulo ideal do módulo para a localidade da residência que se pretende instalar o projeto, garantindo o desempenho do sistema.

### 2.5.5 Condições locais

A coleta de dados antes do início do dimensionamento de um sistema fotovoltaico é essencial, mas somente isso não basta. Segundo Balfour (2013), uma visita completa ao local é vital para projetar um sistema fotovoltaico altamente eficaz, isso é fundamental para reunir informações e cortar custos. Você precisa considerar informações específicas do local sobre sombreamento, microclima e intenções do cliente durante a fase de projeto.

O microclima local refere-se aos detalhes climáticos que são específicos do local, como neblina e poluição. O sombreamento vem dos objetos que impedem a radiação solar de atingir o conjunto FV, como árvores, montanhas, mastros e outras edificações. O sombreamento de uma única célula FV pode provocar de 75% a 100% de perda de rendimento e, portanto, deve ser evitado (Balfour, 2013).

### 2.5.6 Cálculo da potência do sistema;

Como já mencionado anteriormente, o primeiro passo no dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede é determinar quanta energia se deseja produzir. Segundo Villalva e Gasoli (2013), a partir desta informação, da irradiação solar média na localidade da edificação e da definição do modelo do módulo que será utilizado, pode-se calcular a quantidade de painéis que serão necessários para suprir a demanda e a potência do inversor.

O cálculo do número de módulos segundo Villalva e Gasoli (2013), é dado pela Equação 1.

$$Nm = \frac{Esistema}{Emódulo} \quad (1)$$

Onde:

Nm = Número de módulos da instalação fotovoltaica;

Esistema = Energia a ser produzida pelo sistema (kWh) no mês;

Emódulo = Energia produzida pelo módulo em um mês.

De acordo com Villalva e Gasoli (2013), a escolha do inversor empregado no sistema fotovoltaico deve levar em conta os seguintes critérios: a tensão de circuito

aberto da string não pode ultrapassar a tensão máxima permitida na entrada do inversor (deve-se observar cuidadosamente esse critério, pois uma sobretensão na entrada do inversor pode danificar o equipamento irreversivelmente); O inversor deve ser especificado para uma potência igual ou superior à potência de pico do conjunto de módulos.

Entretanto, é uma prática comum sobre dimensionar levemente o conjunto fotovoltaico (ou subdimensionar o inversor), pois ainda conforme Villava e Gasoli (2013), a potência de pico do conjunto somente é atingida nas condições padronizadas de teste (STC), na maior parte do tempo o conjunto fornece potência abaixo de sua capacidade nominal. Ligar ao inversor um conjunto fotovoltaico que tem potência de pico maior do que a suportada por ele não vai danificar o equipamento, apenas vai impedir o aproveitamento da potência máxima do conjunto fotovoltaico, quando ele estiver operando em sua capacidade nominal.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo serão apresentados os materiais e softwares que foram utilizados no decorrer deste trabalho, as residências objeto do estudo de caso, além do método de pesquisa aplicado.

#### **3.1 Materiais e Equipamentos Utilizados**

Para a elaboração do presente trabalho, os materiais e softwares utilizados foram:

- Projetos arquitetônicos das residências objeto do estudo de caso em formato AutoCAD Drawing Database (DWG) e Portable Document Format (PDF);
- Software AutoCad;
- Software online de consulta do potencial solar CRESESB ([cresesb.cepel.br](http://cresesb.cepel.br));
- Software online de simulação de consumo ENEL-RJ ([enel-rj.simuladordeconsumo.com.br](http://enel-rj.simuladordeconsumo.com.br)).
- Software online Canva ([canva.com](http://canva.com)) para a elaboração da cartilha.

#### **3.2 Métodos da Pesquisa**

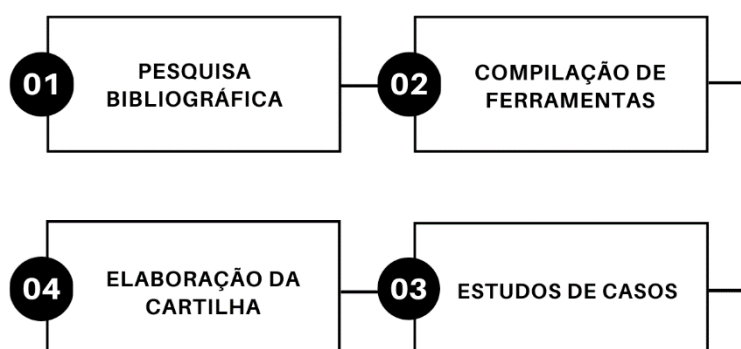
A ciência se apresenta como um processo de investigação que procura atingir conhecimentos sistematizados e seguros. Para que se alcance esse objetivo é necessário que se planeje o processo de investigação. Planejar significa, aqui, traçar o curso de ação que deve ser seguido no processo da investigação científica. Planejar subentende prever as possíveis alternativas existentes para se executar algo (Köche, 1997, p. 121).

Segundo Severino (2016), em decorrência da diversidade de perspectivas que se podem adotar e de enfoques diferenciados que se podem assumir no trato com os objetos pesquisados e eventuais aspectos que se queira destacar, existem diversas modalidades e metodologias de pesquisas científicas.

O presente trabalho se enquadra como uma pesquisa acadêmica, sendo caracterizada como pesquisa aplicada, uma vez que está direcionada para a solução de um problema específico. Quanto à abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa. Já no que diz respeito aos objetivos, classifica-se como exploratória, o que requer um levantamento bibliográfico para coleta de informações.

O trabalho foi estruturado conforme segue no fluxograma da Figura 11.

**Figura 11 – Fluxograma da pesquisa**



Fonte: O autor (2023).

No decorrer deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica para compilar ferramentas e métodos para o dimensionamento de projetos de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição. Para isso, foram consultados registros provenientes de pesquisas anteriores, livros, artigos e teses.

Para validar as ferramentas e métodos compilados na pesquisa bibliográfica, foram realizados dois estudos de caso em duas residências localizadas em Garopaba/SC. Uma das residências já está em operação e a outra ainda está em fase de projeto.

Com base nos resultados da pesquisa bibliográfica e dos estudos de caso, foi elaborada uma cartilha explicativa simplificada que servirá como guia prático para

o dimensionamento de projetos de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição.

A proposta da cartilha é apresentar um roteiro que venha a direcionar o técnico durante o desenvolvimento do dimensionamento do sistema, buscando-se a eficiência de todo o processo. A cartilha está apresentada de forma clara e acessível, com o intuito de facilitar a sua aplicação prática.

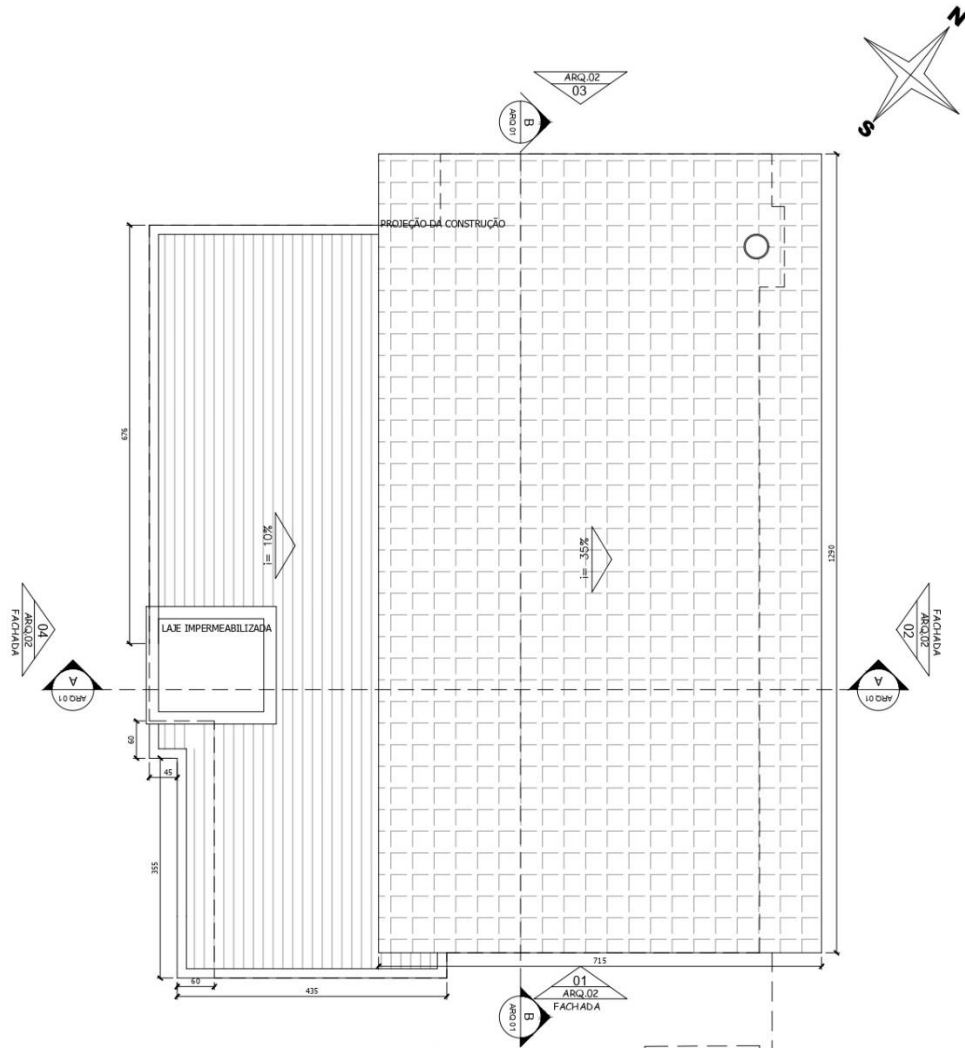
### **3.3 Apresentação das residências objeto do estudo de caso**

Nesta seção serão apresentados os projetos das residências objeto do estudo de caso deste trabalho.

O projeto da residência a qual ainda não teve sua construção iniciada, elaborado pelo próprio autor, é de uma residência unifamiliar na cidade de Garopaba/SC, bairro Areias de Macacu. A residência é composta por dois dormitórios, sendo um deles suíte, um banheiro, sala de estar, sala de jantar e cozinha, além de garagem, duas sacadas e duas varandas. Conforme figuras 12, 13, 14 e 15.

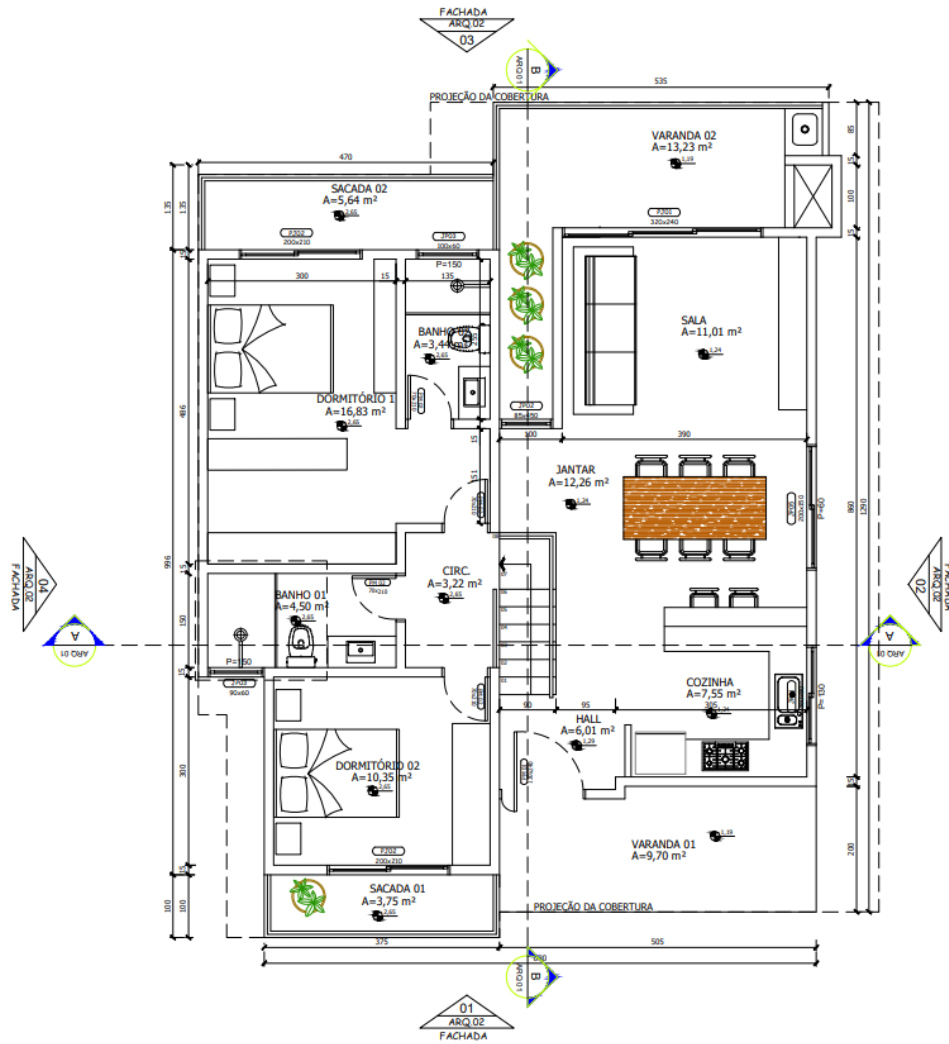
Por se tratar de um projeto dentro de um loteamento ainda em concepção, não há plantas urbanísticas que possibilitem a geração de uma prancha de situação da residência, porém nota-se a partir da planta de cobertura que a edificação tem uma área de telhado considerável inclinada em 35% para a direção nordeste, destacando-se como melhor local para a instalação dos módulos fotovoltaicos.

Figura 12 – Planta de cobertura residência em fase de projeto



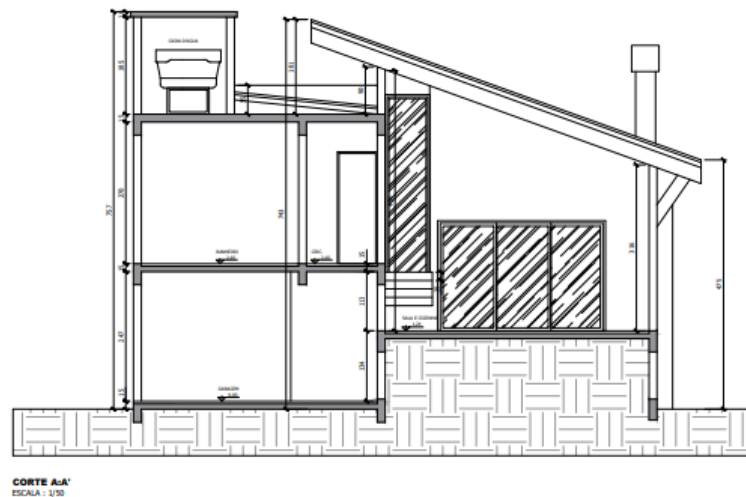
Fonte: Técnico em Edificações Jonathan de Oliveira (2023).

Figura 13 – Planta residência em fase de projeto



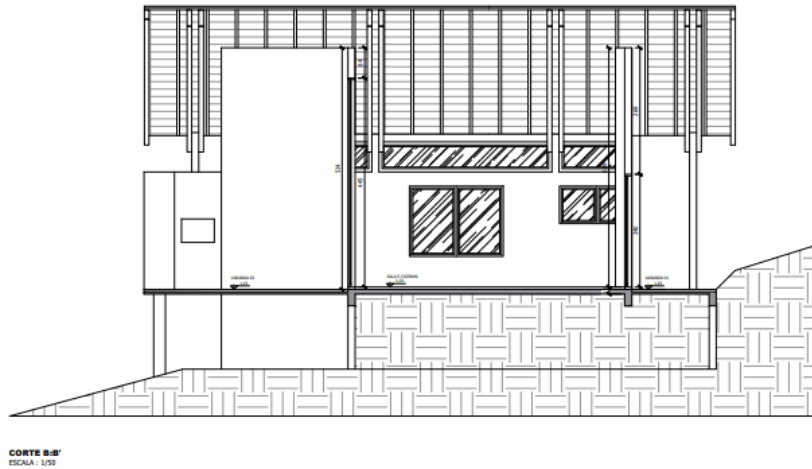
Fonte: Técnico em Edificações Jonathan de Oliveira (2023).

Figura 14 – Corte A residência em fase de projeto



Fonte: Técnico em Edificações Jonathan de Oliveira (2023).

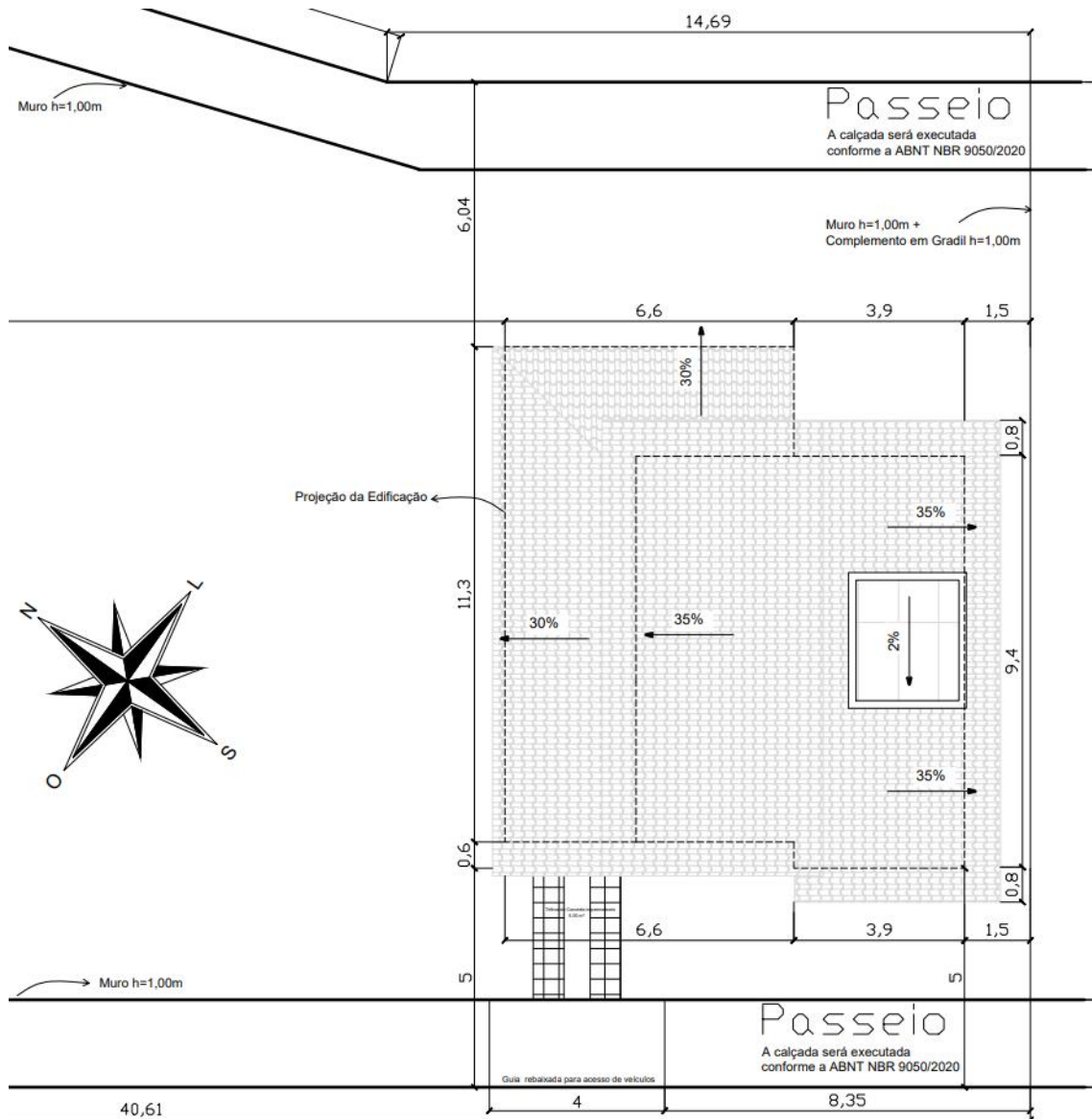
**Figura 15 – Corte B residência em fase de projeto**



Fonte: Técnico em Edificações Jonathan de Oliveira (2023).

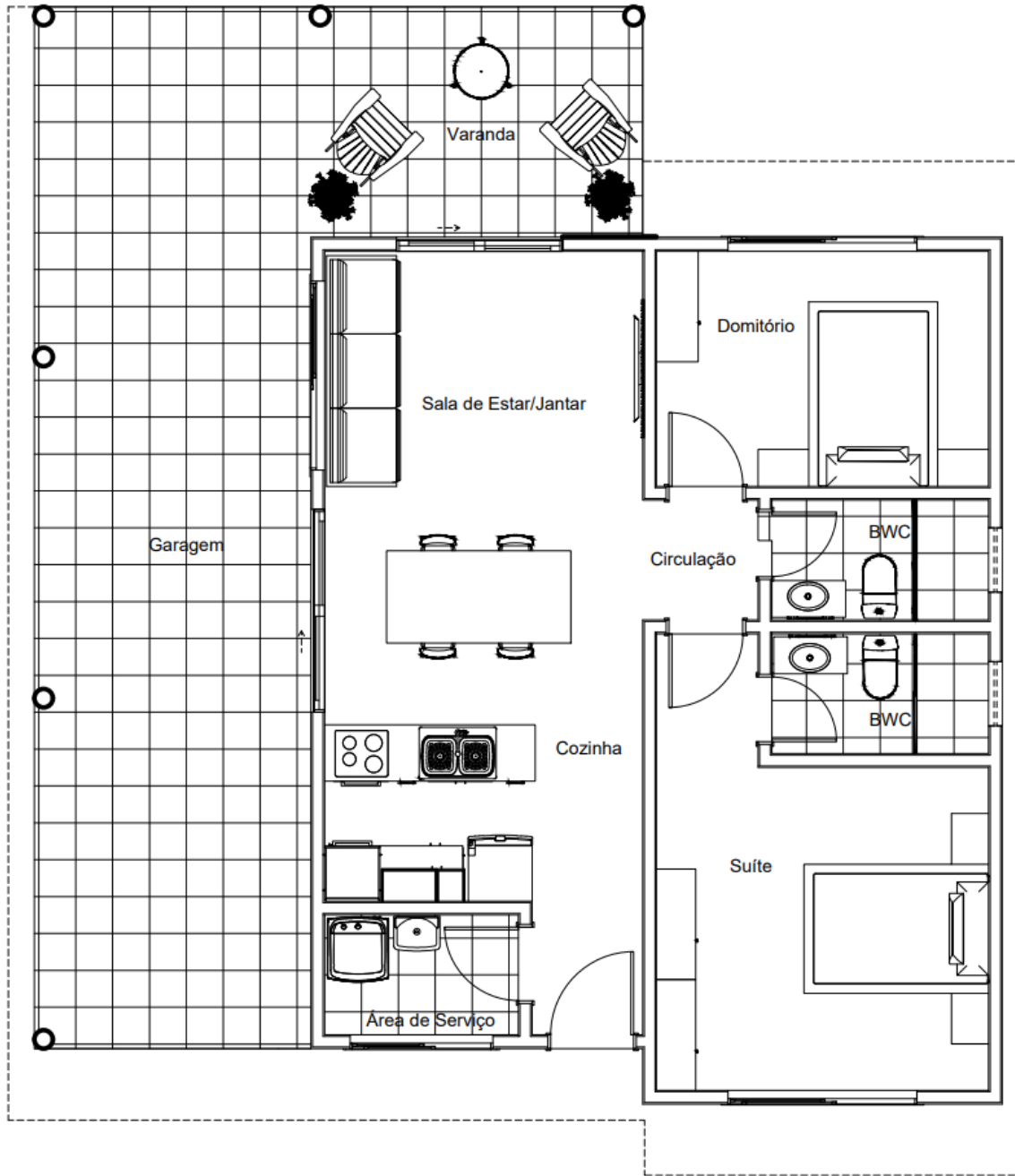
O projeto da residência já construída, também elaborado pelo próprio autor, é de uma residência unifamiliar na cidade de Garopaba/SC, bairro Encantada. A residência é composta por dois dormitórios, sendo um deles suíte, um banheiro, sala de estar/jantar e cozinha, além de garagem e uma varanda. Conforme figuras 16, 17, 18 e 19. Cabe destacar que para esse caso será necessária também, para o dimensionamento, a fatura de energia da residência presente no Anexo A.

Figura 16 – Planta de implantação e cobertura da residência já construída



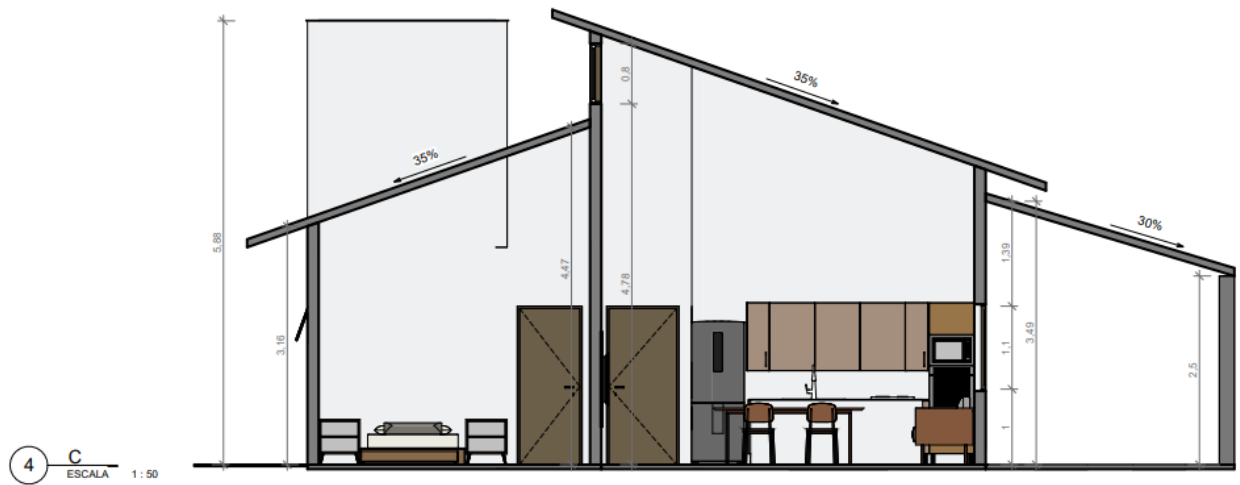
Fonte: Técnico em Edificações Jonathan de Oliveira (2022).

Figura 17 – Layout da residência já construída



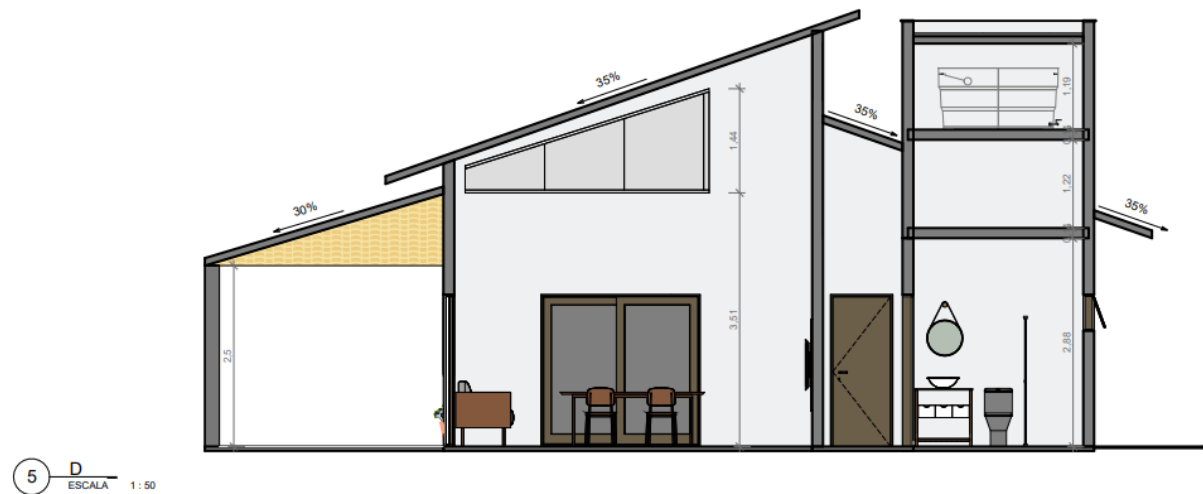
Fonte: Técnico em Edificações Jonathan de Oliveira (2022).

**Figura 18 – Corte C residência já construída**



Fonte: Técnico em Edificações Jonathan de Oliveira (2022).

**Figura 19 – Corte D residência já construída**



Fonte: Técnico em Edificações Jonathan de Oliveira (2022).

A partir da planta de implantação e cobertura, Figura 16, nota-se que a edificação tem uma área de telhado considerável inclinada em 30 e 35% para a direção noroeste, destacando-se como melhor local para a instalação dos módulos fotovoltaicos.

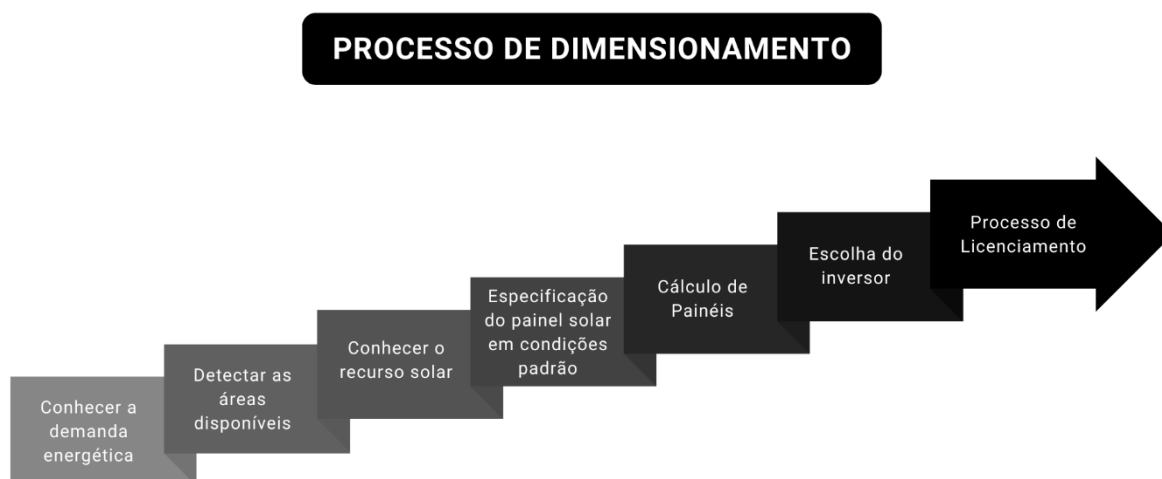
## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os dois estudos de caso realizados durante a execução do trabalho. A cartilha, que é o objeto final desta pesquisa está apresentada no Apêndice A.

### 4.1 Dimensionamento do sistema da residência já construída

Como apresentado no decorrer do trabalho, o primeiro passo do dimensionamento de um sistema é conhecer a demanda energética da unidade consumidora, em seguida detectar as áreas disponíveis para instalação, o recurso solar disponível no local de instalação e por fim definir os equipamentos que serão utilizados e calcular a quantidade de painéis necessários. O processo de dimensionamento segue conforme fluxograma da Figura 20.

Figura 20 – Processo de dimensionamento



Fonte: O autor (2023)

1) Conhecer a demanda energética da unidade consumidora (kW/dia).

Com base na fatura de energia da residência, Anexo A, podemos obter o histórico de consumo. A residência objeto do estudo de caso, teve seu titular alterado

no mês de março, portanto será necessário estimar o consumo de energia dela entre os meses de outubro e fevereiro.

Esta estimativa pode ser feita a critério do projetista, porém neste caso em contato com o proprietário foi obtida a informação de que nos meses de verão (dezembro a março), há um consumo mais elevado do que nos meses de baixa temporada (abril a novembro). Portanto nos meses de outubro e novembro será considerado o consumo médio dos meses de baixa temporada constantes na fatura, Anexo A, e nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro será considerado um consumo igual ao mês de março, que consta na fatura, Anexo A.

Nos meses de baixa temporada, que são 8, a média de consumo da residência é de 128kWh/mês. Já nos meses de alta temporada, que são 4, a média de consumo da residência é de 363kWh/mês. Com base nestes dados obtém-se uma média de consumo mensal de 206kWh/mês.

É importante considerar nesta etapa a tarifa de disponibilidade estabelecida pela ANEEL. No caso desta residência, por se tratar de uma unidade bifásica, para realizar o cálculo sem superdimensionamento é necessário reduzir da demanda mensal 50kWh/mês. Totalizando 156kWh/mês, representando uma demanda energética de 5,20kWh/dia.

## 2) Áreas disponíveis.

Com base na planta de cobertura e implantação da residência, Figura 16, foi possível visualizar as áreas de telhado disponíveis para instalação dos módulos, bem como sua inclinação e posição solar. O telhado com maior expectativa de irradiação solar (virado para noroeste), tem uma inclinação de 30 e 35% e uma área de aproximadamente 32m<sup>2</sup>.

## 3) Conhecer o recurso solar (kWh/m<sup>2</sup>.dia).

A partir do site da CRESESB (<http://www.cresesb.cepel.br>), que tem como base o Atlas Brasileiro de Energia Solar, obteve-se que a cidade de Garopaba, a partir de suas coordenadas, tem uma incidência solar média de 4,22kWh/m<sup>2</sup>.dia, conforme figura 21.

**Figura 21 – Recurso solar na localidade de instalação do sistema**

Estação: Garopaba  
Município: Garopaba, SC - BRASIL  
Latitude: 28,101° S  
Longitude: 48,649° O  
Distância do ponto de ref. ( 28,076167° S; 48,655611° O ): 2,8 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	5,80	5,28	4,59	3,72	3,02	2,53	2,73	3,46	3,61	4,31	5,62	5,97	4,22	3,44
✓	Ângulo igual a latitude	28° N	5,19	5,04	4,80	4,37	3,96	3,48	3,67	4,26	3,89	4,22	5,11	5,24	4,44	1,76
✓	Maior média anual	22° N	5,38	5,16	4,82	4,29	3,82	3,32	3,52	4,15	3,88	4,30	5,28	5,47	4,45	2,14
✓	Maior mínimo mensal	45° N	4,45	4,51	4,53	4,39	4,19	3,75	3,92	4,38	3,75	3,85	4,43	4,45	4,22	,78

Fonte: Cresesb (2023).

#### 4) Especificação do painel solar em condições padrão.

A escolha do painel solar pode envolver fatores dos mais variados, como valor, eficiência, durabilidade, garantia, dentre outros. Neste caso específico a escolha do produto deu-se pela disponibilidade local, o bom histórico do fornecedor (Solar Inove) e a certificação do produto perante o Inmetro. O painel solar escolhido para o dimensionamento é o CP18-7HT550W da fabricante Hanersun, suas dimensões são 1,134m x 2,285m, e suas características elétricas constam na tabela da figura 22, retirada do site da fabricante. O painel está registrado junto ao Inmetro mediante protocolo 6135/2022.

**Figura 22 – Características elétricas do painel solar**

**HANERSUN**

#### Características Elétricas

Tipo de Módulo	CP18-72HT535W		CP18-72HT540W		CP18-72HT545W		CP18-72HT550W		CP18-72HT555W	
	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT
Potência Máxima (Pmax)	535	404	540	408	545	412	550	416	555	420
Voltagem de Potência Máxima (Vmp)	41,47	38,78	41,64	38,89	41,80	39,20	41,96	39,39	42,26	39,69
Corrente de Potência Máxima (Imp)	12,90	10,43	12,97	10,47	13,04	10,51	13,11	10,55	13,14	10,59
Voltagem de Circuito Aberto (Voc)	49,45	46,31	49,60	46,34	49,75	46,55	49,90	46,66	50,20	46,88
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	13,79	11,05	13,86	11,09	13,93	11,13	14,00	11,18	14,04	11,24
Eficiência do Módulo (%)	20,65%		20,84%		21,03%		21,23%		21,42%	

STC: Irradiância 1000W/m<sup>2</sup>, Temperatura da Célula 25°C, Massa de Ar AM1,5.  
\*Tolerância de Medição 0 ~ +5W

NMOT: Irradiância a 800W/m<sup>2</sup>, Temperatura Ambiental 20°C, Velocidade do Vento 1 m/s.

Fonte: HanerSun (2023).

#### 5) Cálculo de Painéis.

Considerando a demanda energética da residência, o recurso solar diário médio na localidade de instalação e a taxa de desempenho do sistema (abrangendo perdas devido a fatores como temperatura ambiente, resistência dos cabos, sujeira nos painéis, entre outros, geralmente variando de 70% a 80%). De acordo com Pinho



## 6) Escolha do Inversor.

Com a definição do número de painéis e a potência do sistema (1,65kWp), tem-se as informações necessárias para a escolha do inversor mais adequado.

Em consulta com a mesma fornecedora dos painéis (Solar Inove), foi disponibilizado um catálogo da fabricante de inversores Goodwe, fabricante com ampla variedade de inversores certificados pelo Inmetro, foi escolhido então o inversor GW2000-XS-11 da linha XS Plus+ por ser dentre os inversores apresentados o mais compatível com o dimensionamento do sistema. Este inversor é capaz de suportar uma potência máxima de entrada (CC) de 3600W e uma potência nominal de saída (CA) de 2000W, com 97,5% de eficiência, conforme dados técnicos informados pelo fabricante, Figura 24.

Após a escolha do inversor, como já mencionado acima, tem-se acesso a sua eficiência de produção (97,5%), que quando aplicada a potência do sistema (1,65kWp), obtêm-se o valor real de geração de energia de 1,60kWp, suficiente para suprir o consumo da edificação (1,54kWp). Caso a eficiência do inversor ocasionasse em uma redução na produção a ponto de não suprir a demanda da edificação, o cálculo do número de painéis precisaria ser revisto.

## Figura 24 – Dados técnicos da linha de inversores Goodwe XS Plus+.

### Linha XS PLUS+ WHITE

Dados técnicos	GW700-XS-11	GW1000-XS-11	GW1500-XS-11	GW2000-XS-11	GW2500-XS-11	GW3000-XS-11
<b>Entrada CC</b>						
Potência Máxima de Entrada (W) <sup>1</sup>	1260	1800	2700	3600	4500	5400
Tensão Máxima de Entrada (V)	500	500	500	500	600	600
Faixa de Operação MPPT (V)	40 ~ 450	40 ~ 450	50 ~ 450	50 ~ 450	50 ~ 550	50 ~ 550
Tensão de partida (V)	40	40	50	50	50	50
Tensão Nominal de Entrada (V)	360	360	360	360	360	360
Corrente Máxima de Entrada por MPPT (A)	15	15	15	15	15	15
Corrente Máxima de Curto por MPPT (A)	18.75	18.75	18.75	18.75	18.75	18.75
Número de MPPTs	1	1	1	1	1	1
Número de strings por MPPT	1	1	1	1	1	1
<b>Saída CA</b>						
Potência nominal de saída (W)	700	1000	1500	2000	2500	3000
Potência nominal aparente de saída (VA)	700	1000	1500	2000	2500	3000
Potência ativa máx. de saída (W) <sup>2</sup>	800	1100	1650	2200	2750	3300
Potência aparente máx. de saída (VA) <sup>2</sup>	800	1100	1650	2200	2750	3300
Potência nominal a 40°C (W)	700	1000	1500	2000	2500	3000
Potência máx. a 40°C (W)	800	1100	1650	2200	2750	3300
Tensão nominal de saída (V)	230	230	230	230	220 / 230	220 / 230
Faixa de tensão de saída (V) (De acordo com o padrão local)	154 ~ 288	154 ~ 288	154 ~ 288	154 ~ 288	154 ~ 288	154 ~ 288
Frequência nominal da rede CA (Hz)	50 / 60	50 / 60	50 / 60	50 / 60	50 / 60	50 / 60
Faixa de frequência da rede CA (Hz)			45 ~ 55 / 57 ~ 63			
Corrente Máxima de Saída (A)	3.5	4.8	7.2	9.6	12.0	14.3
Fator de potência de saída			~1 (Ajustável 0.8 capacitivo - 0.8 indutivo)			
Distorção máx. harmônica total	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
<b>Eficiência</b>						
Eficiência Máxima	97.2%	97.2%	97.3%	97.5%	97.6%	97.6%
Eficiência Europeia	96.0%	96.4%	96.6%	97.0%	97.2%	97.2%
<b>Proteção</b>						
Deteção de Resistência de Isolamento FV	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Monitoramento de corrente residual	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção anti-ilhamento	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção Sobrecorrente de Saída	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção de Curto de Saída	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção de Sobretensão de Saída	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Chave seccionadora CC	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção Contra Surtos CC (DPS)	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II
Proteção Contra Surtos CA (DPS)	Tipo III	Tipo III	Tipo III	Tipo III	Tipo III	Tipo III
AFCI	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional
<b>Dados gerais</b>						
Faixa de temperatura operacional (°C)	-25 ~ +60	-25 ~ +60	-25 ~ +60	-25 ~ +60	-25 ~ +60	-25 ~ +60
Umidade relativa	0 ~ 100%	0 ~ 100%	0 ~ 100%	0 ~ 100%	0 ~ 100%	0 ~ 100%
Altitude operacional máx. (m)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Método de resfriamento	Convecção Natural					
Interface de usuário	LED, LCD, WLAN + APP					
Comunicação	WiFi or LAN or RS485 (Opcional)					
Peso (kg)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
Dimensões (L x A x P mm)	295 x 230 x 113					
Emissão de ruído (dB)	<25	<25	<25	<25	<30	<30
Topologia	Não isolado	Não isolado	Não isolado	Não isolado	Não isolado	Não isolado
Consumo Noturno Próprio (W)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Grau de Proteção	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
Conector CC	MC4( 2.5 ~ 4mm <sup>2</sup> )					
Conector CA	Conector Plug and Play					

\*1: Para o Chile, Potência Máxima de Entrada (W): GW700-XS-11 é 945, GW1000-XS-11 é 1350, GW1500-XS-11 é 2025, GW2000-XS-11 é 2700, GW2500-XS-11 é 3375, GW3000-XS-11 é 4050.

\*2: For Belgium-Potência ativa máx. de saída (W) & Potência aparente máx. de saída (VA): GW700-XS-11 is 700, GW1000-XS-11 is 1000, GW1500-XS-11 is 1500, GW2000-XS-11 is 2000, GW2500-XS-11 is 2500, GW3000-XS-11 is 3000.

\*: Por favor, consulte o site da GoodWe para verificar os certificados atualizados.

\*: Todas as imagens mostradas são apenas de referência. A aparência real pode variar.

Fonte: Goodwe (2023).

#### 7) Processo de Licenciamento.

O processo de licenciamento não foi realizado, porém foi detalhado passo a passo, com a apresentação de exemplos da documentação que deve ser apresentada a concessionária de energia, neste caso a Celesc.

Procedimento obrigatório para conexão ou aumento da potência instalada de central geradora. Os consumidores que desejam solicitar um Parecer Técnico de Acesso devem protocolar no sistema PEP da Celesc o tipo de solicitação GD – solicitação de acesso de micro ou minigeração. Devem ser preenchidas todas as informações corretamente no sistema PEP e encaminhados todos os documentos solicitados conforme normativa da Celesc I-432.0004.

Todas as informações e documentos solicitados no decorrer do processo de licenciamento junto a Celesc estão apresentados em memorial exemplo no Anexo B deste trabalho.

### **4.2 Dimensionamento do sistema da residência em fase de projeto**

#### 1) Conhecer a demanda energética (kWh/dia).

Com base no projeto arquitetônico estimou-se uma série de equipamentos que serão utilizados na residência bem como os respectivos tempos de uso, para assim, estimar a demanda energética da unidade consumidora.

Neste caso, utilizou-se o simulador de consumo online da Enel Distribuição, do Rio de Janeiro, este simulador destaca-se como uma excelente ferramenta para realizar essa estimativa, caracterizando-se por sua precisão, clareza e facilidade de uso. Com base na potência dos equipamentos e seu tempo de uso, o simulador calcula o consumo mensal em kWh por aparelho e conseqüentemente fornece uma estimativa de consumo mensal da residência.

Nas figuras 25, 26, 27, 28, 29, 30 e 31 a seguir, são apresentadas as demandas estimadas por ambiente da residência considerando o uso por 2 pessoas, sendo “M”, minutos por dia e, “H”, horas por dia, totalizando um consumo total de 398,41kWh/mês.

É importante considerar nesta etapa a tarifa de disponibilidade estabelecida pela ANEEL. No caso desta residência, por se tratar de uma unidade bifásica, para

realizar o cálculo sem superdimensionamento é necessário reduzir da demanda mensal 50kWh/mês. Totalizando 348,41kWh/mês, representando uma demanda energética de 11,61kWh/dia.

**Figura 25 – Demanda energética do ambiente sala de estar**

<b>Qtd</b>	<b>Desc</b>	<b>Diário</b>	<b>KWh/mês</b>
1	Televisão	6 H	3,60
1	Condicionador de Ar	6 H	138,60
2	Iluminação	5 H	7,20
1	TV a Cabo	6 H	1,80
<b>TOTAL</b>			<b>151,20</b>

Fonte: Enel (2023).

**Figura 26 – Demanda energética do ambiente quarto**

<b>Qtd</b>	<b>Desc</b>	<b>Diário</b>	<b>KWh/mês</b>
2	Iluminação	5 H	5,40
1	Televisão	6 H	1,80
2	Ventilador	6 H	14,40
<b>TOTAL</b>			<b>21,60</b>

Fonte: Enel (2023).

**Figura 27 – Demanda energética do ambiente lavanderia**

Qty	Desc	Diário	KWh/mês
1	Iluminação	3 H	1,62
1	Máquina de Lavar	3 H	11,07
<b>TOTAL</b>			<b>12,69</b>

Fonte: Enel (2023).

**Figura 28 – Demanda energética do ambiente garagem**

Qty	Desc	Diário	KWh/mês
2	Iluminação	5 H	7,20
<b>TOTAL</b>			<b>7,20</b>

Fonte: Enel (2023).

**Figura 29 – Demanda energética do ambiente cozinha**

Qty	Desc	Diário	KWh/mês
1	Geladeira	24 H	42,12
1	Iluminação	5 H	3,60
1	Forno Elétrico	10 M	8,75
1	Microondas	10 M	3,00
1	Sanduicheira	10 M	3,75
1	Liquidificador	10 M	1,50
1	Cafeteira	20 M	6,00
1	Purificador	8 H	18,00
<b>TOTAL</b>			<b>86,72</b>

Fonte: Enel (2023).

**Figura 30 – Demanda energética do ambiente banheiro**

Qtd	Desc	Diário	KWh/mês
2	Chuveiro Elétrico	20 M	110,00
2	Iluminação	5 H	5,40
<b>TOTAL</b>			<b>115,40</b>

Fonte: Enel (2023).

**Figura 31 – Demanda energética da área externa**

Qtd	Desc	Diário	KWh/mês
1	Luminária	5 H	3,60
<b>TOTAL</b>			<b>3,60</b>

Fonte: Enel (2023).

Para comprovar a eficiência do simulador, segue exemplo da demanda energética do chuveiro elétrico segundo relação apresentada por PINHO e GALDINO, 2014. Onde C é o consumo médio de energia mensal, PE é a potência do equipamento, HD são as horas de utilização por dia e DM é o número de dias de utilização do aparelho no mês.

$$C = \frac{PE * HD * DM}{1000} * 2 \text{ pessoas} \quad P = \frac{5500 * \left(\frac{1}{3}\right) * 30}{1000} * 2 = 110kWh/mês$$

Confirmando o que indica a figura 30, com dados retirados do simulador.

## 2) Áreas disponíveis.

Com base na planta de cobertura da residência, Figura 12, foi possível visualizar as áreas de telhado disponíveis para instalação dos módulos, bem como sua inclinação e posição solar. O telhado com maior expectativa de irradiação solar

(virado para nordeste), tem uma inclinação de 35% e uma área de aproximadamente 80m<sup>2</sup>.

### 3) Conhecer o recurso solar (kW/m<sup>2</sup>.dia).

Por se tratar de uma residência também na cidade de Garopaba, o recurso solar é o mesmo indicado na Figura 21 do dimensionamento anterior, 4,22kWh/m<sup>2</sup>.dia.

### 4) Especificação do painel solar em condições padrão.

O painel solar que será utilizado para o dimensionamento também é o CP18-72HT550W da fabricante Hanersun, suas características elétricas constam na tabela da figura 22 do dimensionamento anterior, retirada do site da fabricante.

### 5) Cálculo de Painéis.

Utilizando a mesma relação do estudo de caso anterior, vamos calcular a potência do sistema:

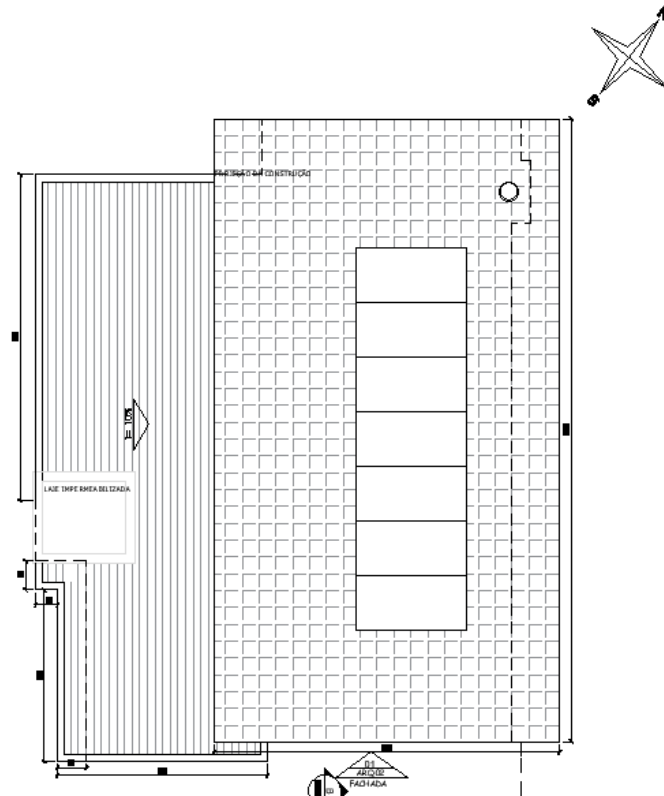
$$P = \frac{(\text{Consumo Diário})/(\text{Taxa de Desempenho})}{(\text{Recurso Solar})} \quad P = \frac{\frac{11,61kWh}{dia} / 0,8}{4,22} = 3,44kWp$$

A partir do valor da potência necessária, calcula-se a quantidade de painéis, considerando as especificações do painel solar que será utilizado:

$$N_p = \frac{\text{Demanda (Wp)}}{\text{Potência do painel (Wp)}} = \frac{3440Wp}{550Wp} = 6,25 \text{ painéis.}$$

Então, com a informação da área disponível (80m<sup>2</sup>) e a dimensão das placas (1,134m x 2,285m = 2,6m<sup>2</sup>), conclui-se que o telhado com melhor posição é mais do que suficiente para a instalação do número de painéis calculados (7), conforme detalhe da figura 32.

**Figura 32 – Cobertura com a locação dos painéis.**



Fonte: O autor (2023)

#### 6) Escolha do Inversor.

Com a definição do número de painéis e a potência do sistema (3,85kWp), tem-se as informações necessárias para a escolha do inversor mais adequado.

Em consulta com a mesma fornecedora dos painéis (Solar Inove), foi disponibilizado um catálogo da fabricante de inversores Goodwe, fabricante com ampla variedade de inversores certificados pelo Inmetro, foi escolhido então o inversor GW3000-XS-11 da linha XS Plus+ por ser dentre os inversores apresentados o mais compatível com o dimensionamento do sistema. Este inversor é capaz de suportar uma potência máxima de entrada (CC) de 5400W e uma potência nominal de saída (CA) de 3000W, com 97,6% de eficiência, conforme dados técnicos informados pelo fabricante, Figura 23.

Após a escolha do inversor, como já mencionado acima, tem-se acesso a sua eficiência de produção (97,6%), que quando aplicada a potência do sistema (3,85kWp), obtêm-se o valor real de geração de energia de 3,75kWp, suficiente para

suprir o consumo da edificação (3,44kWp). Caso a eficiência do inversor ocasionasse em uma redução na produção a ponto de não suprir a demanda da edificação, o cálculo do número de painéis precisaria ser revisto.

#### 7) Processo de Licenciamento.

O processo de licenciamento não foi realizado, porém foi detalhado passo a passo, com a apresentação de exemplos da documentação que deve ser apresentada a concessionária de energia, neste caso a Celesc.

Procedimento obrigatório para conexão ou aumento da potência instalada de central geradora. Os consumidores que desejam solicitar um Parecer Técnico de Acesso devem protocolar no sistema PEP da Celesc o tipo de solicitação GD – solicitação de acesso de micro ou minigeração. Devem ser preenchidas todas as informações corretamente no sistema PEP e encaminhados todos os documentos solicitados conforme normativa da Celesc I-432.0004.

Todas as informações e documentos solicitados no decorrer do processo de licenciamento junto a Celesc estão apresentados em memorial exemplo no Anexo B deste trabalho.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho teve como propósito central abordar e solucionar a lacuna existente no que tange ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição. A pesquisa bibliográfica empreendida permitiu a compilação de ferramentas e métodos relevantes, proporcionando a base teórica necessária para a execução de um estudo de caso prático. Os dois sistemas dimensionados serviram como material empírico para a elaboração de uma cartilha simplificada, que se configura como um guia essencial para profissionais da área.

O roteiro delineado no manual busca preencher uma necessidade identificada no cenário atual, fornecendo um caminho claro e acessível para engenheiros, técnicos e demais profissionais envolvidos no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais. A simplicidade da cartilha não compromete a qualidade ou eficiência, sendo, ao contrário, um facilitador para garantir a eficácia desses sistemas.

No decorrer deste trabalho, ficou evidente a carência de material atualizado e específico sobre o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição. A abordagem qualitativa adotada, aliada aos objetivos exploratórios, permitiu não apenas a compreensão aprofundada do problema, mas também a proposição de soluções práticas por meio da cartilha elaborada.

Este estudo, enquadrado como pesquisa aplicada, destaca-se pela sua relevância prática, contribuindo para a disseminação de conhecimento e práticas eficazes no campo dos sistemas fotovoltaicos residenciais. A cartilha oferece uma resposta efetiva à demanda por orientações atualizadas, consolidando-se como uma ferramenta valiosa para a comunidade profissional.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Considerando a complexidade e a evolução constante da tecnologia fotovoltaica, há diversas áreas que merecem atenção em futuras pesquisas. Algumas sugestões incluem:

1) Impacto Ambiental: Avaliar o impacto ambiental completo de sistemas fotovoltaicos residenciais, incluindo aspectos como produção de materiais, instalação e descarte de equipamentos, visando promover práticas mais sustentáveis; 2) Desenvolvimento de Tecnologias Emergentes: Investigar e avaliar novas tecnologias emergentes no campo da energia solar, como células solares inovadoras e materiais mais eficientes; 3) Modelagem e Simulação Avançada: Aprofundar a modelagem e simulação avançada de sistemas fotovoltaicos residenciais, considerando fatores como sombreamento, variações climáticas e integração com a arquitetura das residências.

Essas sugestões visam aprofundar ainda mais o conhecimento no campo da energia solar e contribuir para a constante melhoria e inovação dos projetos de sistemas fotovoltaicos residenciais.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 16690:2019. **Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto**. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT. NBR 5410:2004. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ABSOLAR. (2023). **Presidente da ABSOLAR, Rodrigo Sauaia, fala sobre o papel da energia solar no desenvolvimento econômico do Ceará e Brasil**. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/presidente-da-absolar-rodrigo-sauaia-fala-sobre-o-papel-da-energia-solar-no-desenvolvimento-economico-do-ceara-e-brasil-2/>. Acesso em: 14 de maio de 2023.

Celesc Distribuição S.A. (2020). **Manual de Procedimentos para Conexão de Micro e Minigeração Distribuída à Rede Elétrica da Celesc**. Florianópolis: Celesc.]

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB). **Potencial Solar**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 05 out. 2023.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p.

BALFOUR, John. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ: Grupo GEN, 2016. *E-book*. ISBN 9788521635314. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521635314/>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

Enel Distribuição Rio de Janeiro. **Simulador de Consumo**. Disponível em: <https://enel-rj.simuladordeconsumo.com.br/>. Acesso em: 08 out. 2023.

GERALDI, M. S., BAVARESCO, M. V., MELO, A. P., LAMBERTS, R. **Análise longitudinal do consumo de energia elétrica do setor residencial no Brasil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-14.

GoodWe. **Datasheet GW\_XS%20PLUS+**. [S. l.], 2023. Disponível em: [https://br.goodwe.com/Ftp/Downloads/Datasheet/PT/GW\\_XS%20PLUS+\\_Datasheet\\_PT.pdf](https://br.goodwe.com/Ftp/Downloads/Datasheet/PT/GW_XS%20PLUS+_Datasheet_PT.pdf). Acesso em: 08 out. 2023.

GOODWE BRASIL. **Soluções e Produtos**. Disponível em: <https://br.goodwe.com/products>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

GREENPRO. **Energia Fotovoltaica: Manual sobre Tecnologias, Projeto e Instalação**. 2004.

HANERSUN. **Datasheet CP18-72HT-PT**. 2023. Disponível em: <https://www.hanersun.com.br/wp->

content/uploads/download/datasheet/Hltouch5/CP18-72HT-PT.pdf>. Acesso em: 05 out. 2023.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de Metodologia Científica: Teoria da Ciência e Iniciação à Pesquisa**. 5ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 1997.

MARINOSKI, D.; SALAMONI, I.; RUTHER, R. **Pré Dimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo de Caso do Edifício Sede do CREA-SC**. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável & X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004.

NEOSOLAR. (2023). **Painel Solar Fotovoltaico 330W - OSDA - ODA330-36-P**. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-330w-osda-oda330-36-p.html>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

NEOSOLAR. (2023). **Tipos de Placa Solar**. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/placa-solar-fotovoltaica/tipo>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

Ó, R. O.; Costa, F. M. **Utilização de Painéis Fotovoltaicos em Residências**. Universidade Federal de Rondônia, 2019.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

PIMENTEL, Sérgio Pires; ARAÚJO, Sérgio Granato de; MARRA, Enes Gonçalves; BOUSQUET, Marcelo Nogueira. **Proposta de dimensionamento e seleção das topologias elétricas de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica a partir da identificação de conformidades**. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC/UFG) e Espora Energética S/A, L&M Engenharia e Consultoria. 2016.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Cepel - Cresesb, Rio de Janeiro, março de 2014.

PORTAL SOLAR. **Projeto de energia solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/projeto-de-energia-solar>. Acesso em: 01 de maio de 2023.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 24ª edição revista e atualizada. São Paulo: Cortez, 2016.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações, Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. 1ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2013.

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. 1ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2012.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Cartilha



**INSTITUTO FEDERAL**

Santa Catarina

Câmpus Florianópolis

# CARTILHA EXPLICATIVA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAIS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO



# INTRODUÇÃO

---

A energia solar é uma fonte renovável e sustentável que possibilita a geração de eletricidade. Os sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição permitem que os consumidores produzam sua própria energia solar e a integrem à rede.

No Brasil, especialmente na região nordeste, o potencial solar é significativo, com uma irradiação solar média superior a 5 kWh/m<sup>2</sup> por dia, colocando o país entre os líderes mundiais na captação de energia solar.

A implementação de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede é uma maneira eficaz de gerar eletricidade, mas requer planejamento detalhado de projeto. Portanto, é essencial buscar a orientação de um especialista qualificado para dimensionar o sistema adequadamente.

Esta cartilha tem o propósito de oferecer informações fundamentais sobre o desenvolvimento do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica. Seu público-alvo é composto por técnicos e engenheiros que buscam em um material os caminhos para um dimensionamento correto e eficiente.

## **SOBRE A CARTILHA**

---

Esta cartilha representa o desdobramento prático do meu Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil no Instituto Federal de Santa Catarina. Sua concepção surgiu a partir da detecção da ausência de um material com foco no dimensionamento de projetos de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede elétrica de distribuição, e que apresente de forma clara um roteiro com os procedimentos necessários.

Assim, esta cartilha tem como objetivo preencher esta lacuna e apresentar as informações de forma clara e acessível, com o intuito de facilitar a sua aplicação e ajudar a disseminar o conhecimento da geração de energia solar fotovoltaica.

**JONATHAN DE OLIVEIRA**

Graduando em Engenharia Civil

**SAMUEL JOÃO DA SILVEIRA**

Orientador Doutor em Engenharia Civil

**FABRÍCIO PETER VAHL**

Coorientador Doutor em Engenharia de Produção



# SUMÁRIO

---

1. FLUXOGRAMA .....	05
2. CONHECENDO SUA DEMANDA ENERGÉTICA.....	06
3. ÁREAS DISPONÍVEIS .....	08
4. RECURSO SOLAR NA LOCALIDADE DA INSTALAÇÃO.....	09
5. ESCOLHA DOS PAINÉIS SOLARES.....	10
6. CÁLCULO DO NÚMERO DE PAINÉIS SOLARES.....	11
7. ESCOLHA DO INVERSOR SOLAR.....	12
8. PROCESSO DE LICENCIAMENTO.....	13
9. CONCLUSÃO.....	14
10. REFERÊNCIAS.....	15

# PROCESSO DE DIMENSIONAMENTO

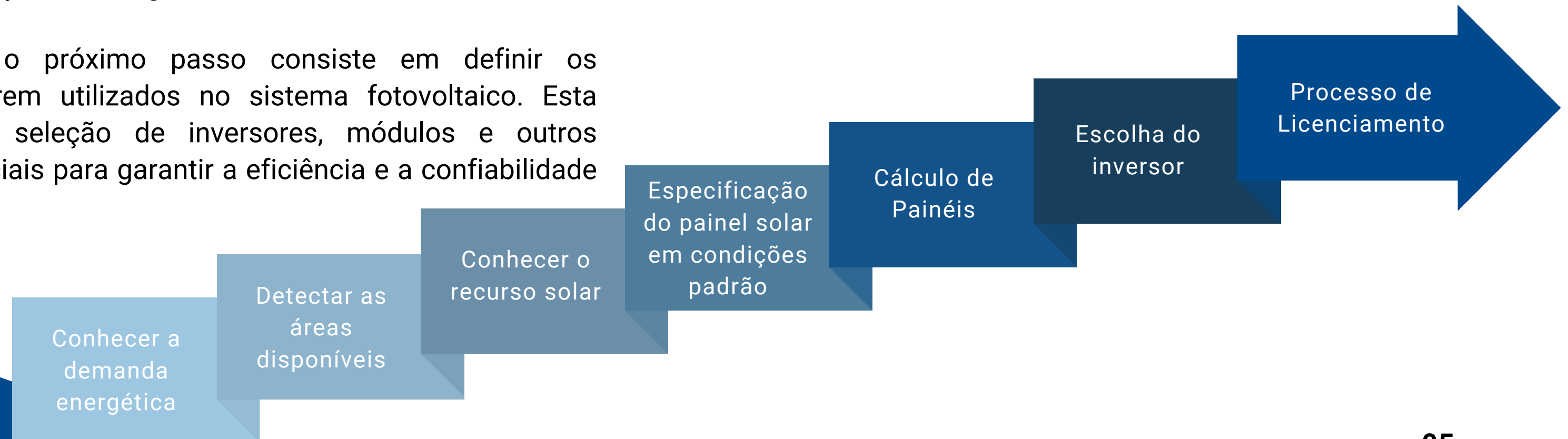
No processo inicial de dimensionamento de um sistema fotovoltaico, o ponto de partida consiste em compreender a demanda energética específica da unidade consumidora. A partir dessa informação fundamental, passa-se à identificação das áreas disponíveis para a instalação do sistema, considerando a topografia e as características arquitetônicas do local.

É imperativo, em seguida, analisar o potencial solar disponível na região de instalação, considerando fatores como a inclinação e orientação das superfícies onde os painéis serão colocados. Essa análise minuciosa é essencial para otimizar a eficiência do sistema, maximizando a captação da energia solar.

Após essa etapa, o próximo passo consiste em definir os equipamentos a serem utilizados no sistema fotovoltaico. Esta escolha engloba a seleção de inversores, módulos e outros componentes essenciais para garantir a eficiência e a confiabilidade do sistema.

Por fim, realiza-se o cálculo preciso da quantidade de painéis solares necessários para atender à demanda energética estabelecida. Esse cálculo leva em consideração não apenas a potência dos painéis, mas também fatores como a irradiação solar média no local ao longo do ano.

Portanto, o processo de dimensionamento é uma sequência intrincada de passos que, quando realizados de maneira metódica, asseguram não apenas a funcionalidade efetiva do sistema fotovoltaico, mas também sua otimização em termos de eficiência e sustentabilidade.



# CONHECENDO A DEMANDA ENERGÉTICA DA UNIDADE CONSUMIDORA

Você tem o histórico de consumo da sua unidade consumidora por meio da fatura de energia?

**SIM**

Através da fatura de energia residencial, é possível acessar o histórico de consumo do cliente, expresso em kWh, referente aos últimos 12 meses. A estimativa da demanda energética da residência é calculada a partir da média desse histórico anual. Esta média constitui um indicador confiável da demanda energética, representando a quantidade de energia elétrica consumida ao longo de um período específico. Este dado é crucial no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, uma vez que o sistema deve ser capaz de gerar energia em quantidade suficiente para atender à demanda residencial.

Celesc Distribuicao S.A. Av Itamarati, 160 - - Florianopolis CNPJ: 08.336.783/0001-90 Insc.Est.: 255266626		Conta de Energia Elétrica	
EMISSÃO: 14/02/2018 APRES.: 20/02/2018 NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE ÚNICA: 000.001.682.997 - FAT-01-20183654616893-94 REF.: 02/2018			
<b>ELIS</b> CPF  RIO TAVARES - FNS - FLORIANOPOLIS - SC - Classificação: RESIDENCIAL / CONVENCIONAL / MONOFASICO Tensão nominal ou contratada (V): 220 Limites adequados de tensão (V): 202 a 231 Grupo de Tensão: B Tipo de Tarifa: Convencional	<b>Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA</b>	<b>VENCIMENTO 20/03/2018</b>	
	<b>ATENDIMENTO AO CLIENTE LIGUE 0800 480120</b>	<b>CONSUMO TOTAL FATURADO 34 kWh</b>	
		<b>VALOR ATÉ O VENCIMENTO R\$ 18,11</b>	
<b>DADOS DA MEDIÇÃO</b>	<b>Dados do Faturamento</b>		
Equipamento: RG	Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)
Unidade de medida: kWh	Consumo 34	0,550882	18,73
Origem da leitura atual: LIDA	<b>Subtotal (R\$)</b>		<b>18,73</b>
Data da leitura anterior: 10/01/2018	<b>Lançamentos e Serviços</b>		
Data da leitura atual: 09/02/2018	Cosip		1,21
Data da próxima leitura: 13/03/2018	Dev. Bandeira e Consumo Micro/Mini		-1,83
Número de dias faturados: 30	<b>Subtotal (R\$)</b>		<b>-0,62</b>
Leitura atual: 134			
Leitura anterior: 100			
Constante de faturamento: 1,00			
Consumo medido no mês: 34			
Consumo faturado no mês: 34			
Fator de potência:			
<b>HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA - Kwh</b>			
Fev/2017 Mar/2017 Abr/2017 Mai/2017 Jun/2017 Jul/2017 Ago/2017 Set/2017 Out/2017 Nov/2017 Dez/2017 Jan/2018			
0 30 30 98 89 190 176 130 104 120 122 100			
<b>Mensagens:</b>			
Demonstrativos de Saldos em kWh referente a Mini/Micro Geração, conforme REN 482/12 Saldo do Mes Geral: 318Saldo Acumulado Geral: 318Saldo a Expirar Proximo Mes Geral: 0			
O montante da devolução é resultado da multiplicação do CONSUMO COMPENSADO pela minimicrogeração(4 kWh) pela tarifa proporcionalizada, quando for o caso			

# CONHECENDO A DEMANDA ENERGÉTICA DA UNIDADE CONSUMIDORA

Você tem o histórico de consumo da sua unidade consumidora por meio da fatura de energia?

**NÃO**

Uma alternativa para calcular a demanda energética de uma residência sem histórico de consumo é fazer uso de simuladores. Essas ferramentas possibilitam a estimativa do consumo elétrico residencial ao considerar informações sobre os equipamentos presentes, suas potências e o tempo de utilização.

O simulador oferecido pela Enel-RJ destaca-se como uma excelente ferramenta para realizar essa estimativa, caracterizando-se por sua precisão, clareza e facilidade de uso. Para acessá-lo, basta clicar no link (<https://enel-rj.simuladordeconsumo.com.br>) ou apontar a câmera do seu celular para o QR code.

enel-rj.simuladordeconsumo.com.br/ambiente/sala

**Televisão**

Quantidade  
1

Tempo de uso  
6 horas/dia

Potência  
225 W

Aparelhos sugeridos  
TV LED 55

ADICIONAR

CLIQUE AQUI

Aparelho de Som Umidificador Condicionador de Ar DVD Home Theater Iluminação Luminária Telefone



## ÁREAS DISPONÍVEIS

Nesta fase crucial do processo de dimensionamento, é imperativo realizar uma visita presencial, empregando medições precisas e analisando recursos como imagens de satélite, fotografias e o projeto arquitetônico. O objetivo é identificar as áreas mais propícias na edificação para a instalação eficiente dos painéis solares, considerando especialmente a inclinação e a posição solar ideais.

A determinação da melhor posição solar é vital para otimizar a captação da energia solar ao longo do dia e durante as diferentes estações do ano. A escolha cuidadosa da orientação dos painéis, levando em conta a trajetória do sol, não apenas maximiza a produção de energia, mas também contribui significativamente para a eficiência e rentabilidade do sistema fotovoltaico residencial.

Ao direcionar os painéis de maneira estratégica, aproveitando ao máximo a radiação solar incidente, é possível assegurar não apenas a eficácia operacional do sistema, mas também promover sua integração harmoniosa no contexto arquitetônico e ambiental da edificação. Essa abordagem visa garantir um aproveitamento otimizado da energia solar disponível, proporcionando benefícios tanto do ponto de vista sustentável quanto econômico para a residência.

# CONHECER O RECURSO SOLAR

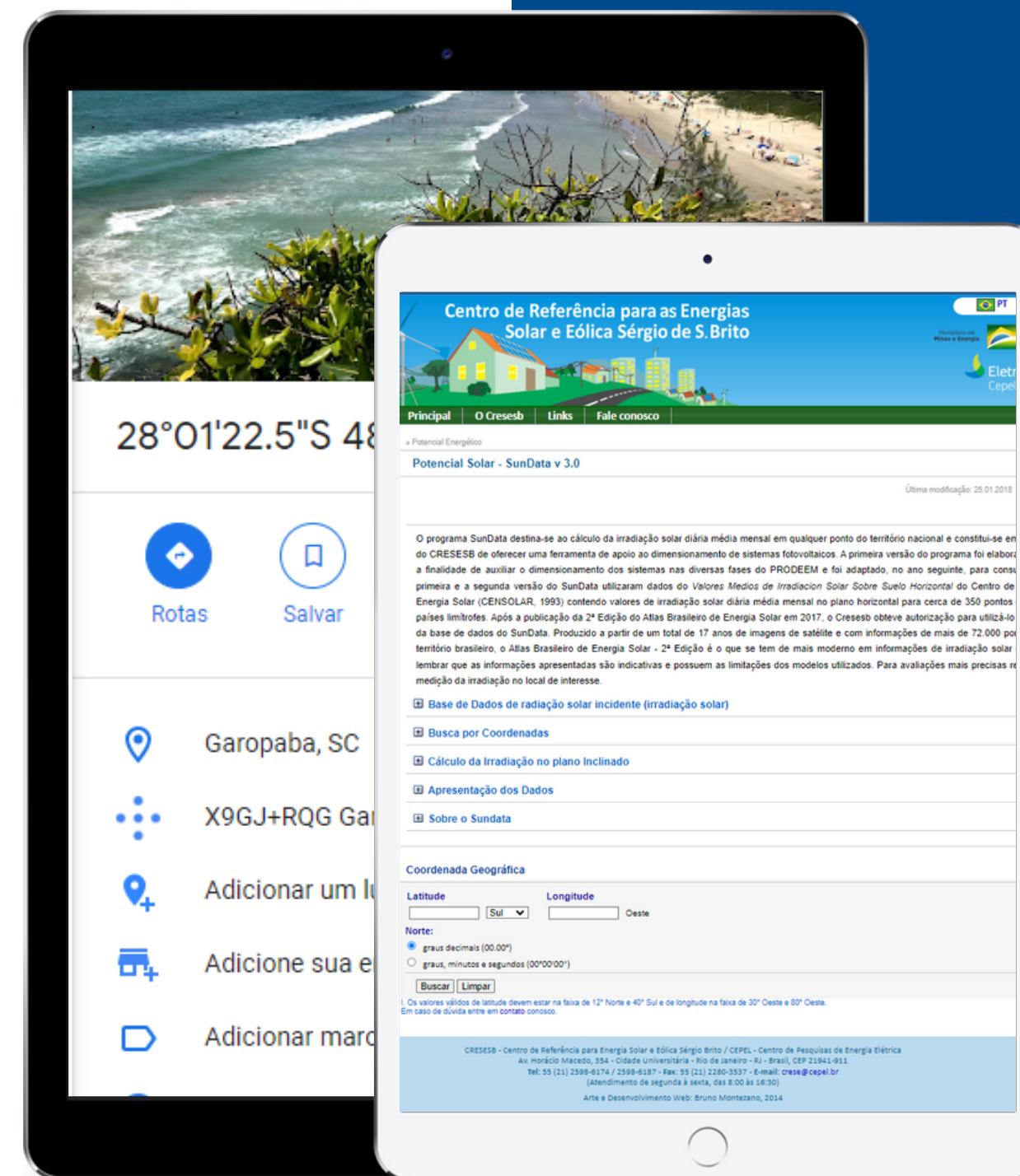
Conhecer o recurso solar na localidade de instalação é um passo fundamental para elaborar um projeto fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica de distribuição. Essa informação impacta diretamente na eficiência do sistema, permitindo o dimensionamento preciso para otimizar a captação de energia solar.

O recurso solar é medido pela irradiação solar, que é a quantidade de energia solar que atinge a superfície da Terra. A irradiação solar é influenciada por diversos fatores, como a latitude, a longitude, a altitude, o tipo de superfície e o clima.

Para obter uma estimativa precisa do recurso solar na localidade de instalação do sistema, você pode utilizar o site da CRESESB. O site da CRESESB disponibiliza um mapa interativo com a irradiação solar média mensal para todo o Brasil. Para obter a irradiação solar para uma localidade específica, basta inserir as coordenadas da localidade no mapa.

As coordenadas da localidade podem ser obtidas no Google Maps. Para isso, basta pesquisar sua localização no Google Maps e consultar as coordenadas na barra de endereço.

Para ter acesso ao site da CRESESB basta clicar no link a seguir <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>



[CLIQUE AQUI](#)

# ESPECIFICAÇÃO DO PAINEL SOLAR

---

Ao escolher um painel solar, considere esses três principais fatores:

01

## Eficiência

Avalie a eficiência do painel em converter a luz solar em eletricidade. Painéis mais eficientes produzem mais energia em espaços limitados.

02

## Custo

Considere o custo por watt do painel e o retorno sobre o investimento a longo prazo. Às vezes, investir em painéis mais eficientes pode ser economicamente viável.

03

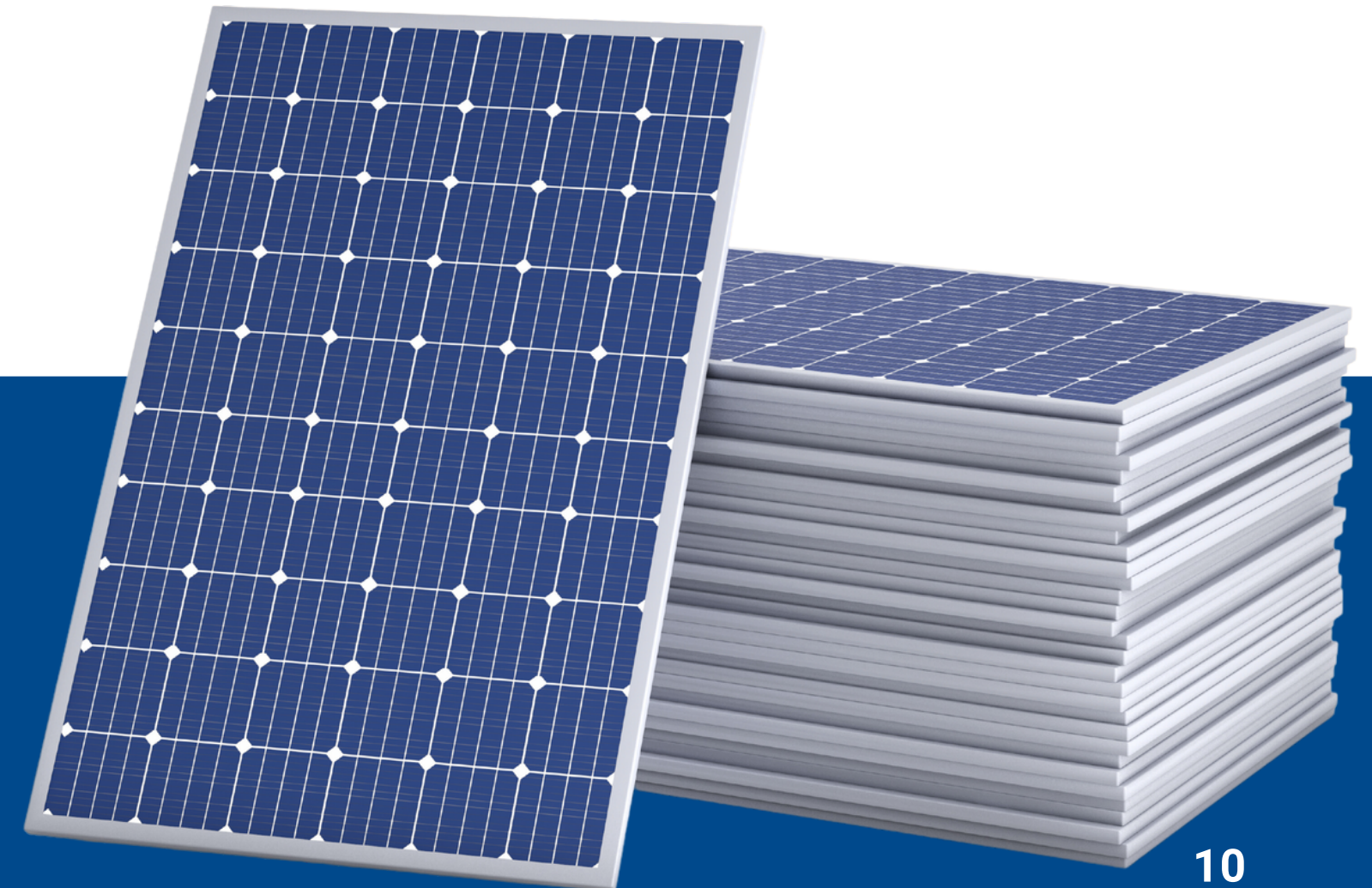
## Garantia

Verifique a garantia oferecida pelo fabricante. Isso inclui garantias de desempenho (produção de energia) e garantias de produto.

Ao ponderar esses fatores, você estará melhor preparado para escolher painéis solares que atendam às suas necessidades específicas e ao ambiente em que serão instalados.

Você deve consultar a disponibilidade de painéis diretamente nos sites das fabricantes ou junto a um fornecedor da sua preferência.

Lembre-se que os painéis devem ser certificados pelo Inmetro.



# CÁLCULO DOS PAINÉIS

Nesta etapa é importante levar em consideração a obrigatoriedade do pagamento da tarifa de disponibilidade, também conhecida como taxa básica, estabelecida pela ANEEL. Conforme a regulamentação vigente, os sistemas monofásicos devem pagar uma taxa mínima de 30 kWh, os sistemas bifásicos 50 kWh e os sistemas trifásicos 100 kWh. Portanto não é adequado dimensionar o sistema fotovoltaico apenas com base na demanda de energia da residência, é essencial considerar também a tarifa de disponibilidade, que estabelece uma quantidade mínima de energia a ser paga mensalmente, independentemente do consumo efetivo.

Após considerar a tarifa de disponibilidade junto a sua demanda de energia, deve-se calcular a potencia do gerador fotovoltaico necessário para suprir a demanda da edificação a partir da formula a seguir, de acordo com PINHO e GALDINO, 2014:

$$P = \frac{(\text{Consumo Diário}) / (\text{Taxa de Desempenho})}{(\text{Recurso Solar})}$$

Em seguida calcula-se a quantidade de painéis necessários com base na demanda e potência dos painéis escolhidos:

$$N_p = \frac{\text{Demanda (Wp)}}{\text{Potência do painel (Wp)}}$$

E então, com essa informação já é possível verificar as áreas disponíveis e fazer a escolha do inversor.

# ESCOLHA DO INVERSOR

---

Uma vez determinado o número de painéis e a potência do sistema, as informações essenciais são obtidas para a seleção do inversor mais apropriado às necessidades específicas e ao ambiente de instalação.

Assim como no processo de escolha dos painéis, é recomendado consultar a disponibilidade de inversores diretamente nos sites dos fabricantes ou por meio de um fornecedor de confiança. Essa pesquisa detalhada é crucial para garantir a compatibilidade entre os painéis solares e o inversor, assegurando o desempenho otimizado do sistema fotovoltaico.

É importante ressaltar que, da mesma forma que os painéis, os inversores devem possuir certificação pelo Inmetro. Essa certificação atesta a conformidade do equipamento com padrões de qualidade e segurança estabelecidos, proporcionando tranquilidade quanto à confiabilidade e eficiência do inversor escolhido.

Portanto, ao realizar a seleção do inversor, é fundamental assegurar que ele atenda aos requisitos normativos necessários para o correto funcionamento do sistema fotovoltaico residencial.

# EXEMPLO PRÁTICO

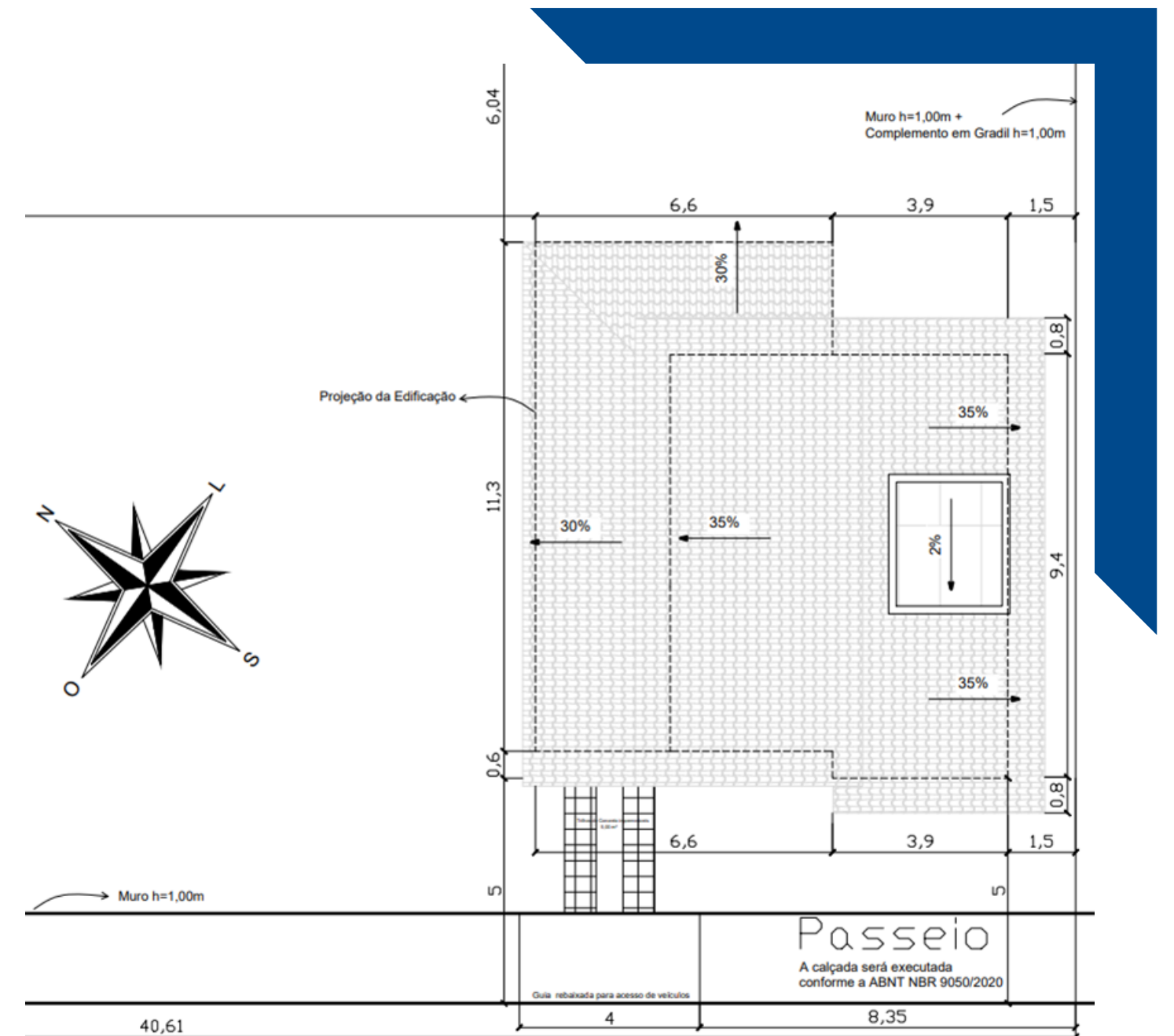
Agora, antes de apresentarmos o processo de licenciamento vamos juntos dimensionar um sistema fotovoltaico residencial.

Independente se a residência tem histórico de consumo ou não, vamos considerar uma residência com consumo mensal de 206kWh/mês.

É importante considerar a tarifa de disponibilidade estabelecida pela ANEEL. No caso da residência deste exemplo, por se tratar de uma unidade bifásica, para realizar o cálculo sem superdimensionamento é necessário reduzir da demanda mensal 50kWh/mês. Totalizando 156kWh/mês, representando uma demanda energética de 5,20kWh/dia.

Com base na planta de cobertura e implantação da residência, é possível visualizar as áreas de telhado disponíveis para instalação dos módulos, bem como sua inclinação e posição solar. O telhado com maior expectativa de irradiação solar neste caso (virado para noroeste), tem uma inclinação de 30 e 35% e uma área de aproximadamente 32m<sup>2</sup>.

Usaremos essa informação em breve, quando formos verificar se a área de telhado será suficiente para receber o número de painéis calculados.



# EXEMPLO PRÁTICO

Logo, o próximo passo é conhecer o recurso solar na localidade de instalação do sistema. A residência desse exemplo está localizada na cidade de Garopaba, Santa Catarina.

A partir do site da CRESESB (<http://www.cresesb.cepel.br>), que tem como base o Atlas Brasileiro de Energia Solar, inserindo latitude e longitude da localidade (28.101°S e 48.649°O), obteve-se que a cidade de Garopaba, tem uma incidência solar média de 4,22kWh/m<sup>2</sup>.dia, sendo este o maior mínimo mensal. conforme a tabela abaixo:

Estação: Garopaba  
Município: Garopaba , SC - BRASIL  
Latitude: 28,101° S  
Longitude: 48,649° O  
Distância do ponto de ref. ( 28,076167° S; 48,655611° O ) :2,8 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,80	5,28	4,59	3,72	3,02	2,53	2,73	3,46	3,61	4,31	5,62	5,97	4,22	3,44
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	28° N	5,19	5,04	4,80	4,37	3,96	3,48	3,67	4,26	3,89	4,22	5,11	5,24	4,44	1,76
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	22° N	5,38	5,16	4,82	4,29	3,82	3,32	3,52	4,15	3,88	4,30	5,28	5,47	4,45	2,14
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	45° N	4,45	4,51	4,53	4,39	4,19	3,75	3,92	4,38	3,75	3,85	4,43	4,45	4,22	,78

Fonte: Cresesb (2023).

# EXEMPLO PRÁTICO

Agora que já conhecemos o recurso solar na localidade de instalação do sistema, podemos partir para a escolha do painel solar.

A escolha do painel solar pode envolver fatores dos mais variados, como valor, eficiência, durabilidade, garantia, dentre outros. Neste caso específico a escolha do produto deu-se pela disponibilidade local, o bom histórico do fornecedor (Solar Inove) e a certificação do produto perante o Inmetro. O painel solar escolhido para o dimensionamento é o CP18-7HT550W da fabricante Hanersun, suas dimensões são 1,134m x 2,285m, e suas características elétricas constam na tabela da figura, retirada do site da fabricante. O painel está registrado junto ao Inmetro mediante protocolo 6135/2022.

## Características Elétricas

Tipo de Módulo	CP18-72HT535W		CP18-72HT540W		CP18-72HT545W		CP18-72HT550W		CP18-72HT555W	
Condição de Teste	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT
Potência Máxima (Pmax)	535	404	540	408	545	412	550	416	555	420
Voltagem de Potência Máxima (Vmp)	41,47	38,78	41,64	38,89	41,80	39,20	41,96	39,39	42,26	39,69
Corrente de Potência Máxima (Imp)	12,90	10,43	12,97	10,47	13,04	10,51	13,11	10,55	13,14	10,59
Voltagem de Circuito Aberto (Voc)	49,45	46,31	49,60	46,34	49,75	46,55	49,90	46,66	50,20	46,88
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	13,79	11,05	13,86	11,09	13,93	11,13	14,00	11,18	14,04	11,24
Eficiência do Módulo (%)	20,65%		20,84%		21,03%		21,23%		21,42%	

STC: Irradiância 1000W/m<sup>2</sup>, Temperatura da Célula 25°C, Massa de Ar AM1,5.  
\*Tolerância de Medição 0 ~ +5W

NMOT: Irradiância a 800W/m<sup>2</sup>, Temperatura Ambiental 20°C, Velocidade do Vento 1 m/s.

Fonte: HanerSun (2023).

## EXEMPLO PRÁTICO

---

Enfim, considerando a demanda energética da residência, o recurso solar diário médio na localidade de instalação e a taxa de desempenho do sistema (abrangendo perdas devido a fatores como temperatura ambiente, resistência dos cabos, sujeira nos painéis, entre outros, geralmente variando de 70% a 80%). De acordo com Pinho e Galdino, 2014, é possível calcular a potência necessária do gerador fotovoltaico a partir da seguinte relação:

$$P = \frac{(\text{Consumo Diário})/(\text{Taxa de Desempenho})}{(\text{Recurso Solar})} \quad P = \frac{\frac{5,20kWh}{dia} / 0,8}{4,22} = 1,54kWp$$

A partir do valor da potência necessária, calcula-se a quantidade de painéis, considerando as especificações do painel solar que será utilizado:

$$N_p = \frac{\text{Demanda (Wp)}}{\text{Potência do painel (Wp)}} = \frac{1540Wp}{550Wp} = 2,8 \text{ painéis.}$$

Então, com a informação da área disponível (32m<sup>2</sup>) e a dimensão das placas (1,134m x 2,285m = 2,6m<sup>2</sup>), conclui-se que o telhado com melhor posição é mais do que suficiente para a instalação do número de painéis calculados (3). Caso sua área de telhado não comporte o número de painéis, seria necessário ampliar a área de telhado ou criar uma estrutura adicional, a depender da escolha do profissional.

# EXEMPLO PRÁTICO

Com a definição do número de painéis e a potência do sistema (1,65kWp), tem-se as informações necessárias para a escolha do inversor mais adequado.

Em consulta com a mesma fornecedora dos painéis (Solar Inove), foi disponibilizado um catálogo da fabricante de inversores Goodwe, fabricante com ampla variedade de inversores certificados pelo Inmetro, foi escolhido então o inversor GW2000-XS-11 da linha XS Plus+ por ser dentre os inversores apresentados o mais compatível com o dimensionamento do sistema. Este inversor é capaz de suportar uma potência máxima de entrada (CC) de 3600W e uma potência nominal de saída (CA) de 2000W, com 97,5% de eficiência, conforme dados técnicos informados pelo fabricante que constam na tabela ao lado.

Após a escolha do inversor, como já mencionado acima, tem-se acesso a sua eficiência de produção (97,5%), que quando aplicada a potência do sistema (1,65kWp), obtêm-se o valor real de geração de energia de 1,60kWp, suficiente para suprir o consumo da edificação (1,54kWp). Caso a eficiência do inversor ocasionasse em uma redução na produção a ponto de não suprir a demanda da edificação, o cálculo do número de painéis precisaria ser revisto.

Dados técnicos	GW700-XS-11	GW1000-XS-11	GW1500-XS-11	GW2000-XS-11	GW2500-XS-11	GW3000-XS-11
<b>Entrada CC</b>						
Potência Máxima de Entrada (W) <sup>*1</sup>	1260	1800	2700	3600	4500	5400
Tensão Máxima de Entrada (V)	500	500	500	500	600	600
Faixa de Operação MPPT (V)	40 ~ 450	40 ~ 450	50 ~ 450	50 ~ 450	50 ~ 550	50 ~ 550
Tensão de partida (V)	40	40	50	50	50	50
Tensão Nominal de Entrada (V)	360	360	360	360	360	360
Corrente Máxima de Entrada por MPPT (A)	15	15	15	15	15	15
Corrente Máxima de Curto por MPPT (A)	18.75	18.75	18.75	18.75	18.75	18.75
Número de MPPTs	1	1	1	1	1	1
Número de strings por MPPT	1	1	1	1	1	1
<b>Saída CA</b>						
Potência nominal de saída (W)	700	1000	1500	2000	2500	3000
Potência nominal aparente de saída (VA)	700	1000	1500	2000	2500	3000
Potência ativa máx. de saída (W) <sup>*2</sup>	800	1100	1650	2200	2750	3300
Potência aparente máx. de saída (VA) <sup>*2</sup>	800	1100	1650	2200	2750	3300
Potência nominal a 40°C (W)	700	1000	1500	2000	2500	3000
Potência máx. a 40°C (W)	800	1100	1650	2200	2750	3300
Tensão nominal de saída (V)	230	230	230	230	220 / 230	220 / 230
Faixa de tensão de saída (V) (De acordo com o padrão local)	154 ~ 288	154 ~ 288	154 ~ 288	154 ~ 288	154 ~ 288	154 ~ 288
Frequência nominal da rede CA (Hz)	50 / 60	50 / 60	50 / 60	50 / 60	50 / 60	50 / 60
Faixa de frequência da rede CA (Hz)	45 ~ 55 / 57 ~ 63					
Corrente Máxima de Saída (A)	3.5	4.8	7.2	9.6	12.0	14.3
Fator de potência de saída	~1 (Ajustável 0.8 capacitivo - 0.8 indutivo)					
Distorção máx. harmônica total	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
<b>Eficiência</b>						
Eficiência Máxima	97.2%	97.2%	97.3%	97.5%	97.6%	97.6%
Eficiência Europeia	96.0%	96.4%	96.6%	97.0%	97.2%	97.2%
<b>Proteção</b>						
Detecção de Resistência de Isolamento FV	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Monitoramento de corrente residual	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção anti-ilhamento	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção Sobrecorrente de Saída	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção de Curto de Saída	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção de Sobretensão de Saída	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Chave seccionadora CC	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado	Integrado
Proteção Contra Surtos CC (DPS)	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II
Proteção Contra Surtos CA (DPS)	Tipo III	Tipo III	Tipo III	Tipo III	Tipo III	Tipo III
AFCI	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional
<b>Dados gerais</b>						
Faixa de temperatura operacional (°C)	-25 ~ +60	-25 ~ +60	-25 ~ +60	-25 ~ +60	-25 ~ +60	-25 ~ +60
Umidade relativa	0 ~ 100%	0 ~ 100%	0 ~ 100%	0 ~ 100%	0 ~ 100%	0 ~ 100%
Altitude operacional máx. (m)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Método de resfriamento	Convecção Natural					
Interface de usuário	LED, LCD, WLAN + APP					
Comunicação	WiFi or LAN or RS485 (Opcional)					
Peso (kg)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
Dimensões (L x A x P mm)	295 x 230 x 113					
Emissão de ruído (dB)	<25	<25	<25	<25	<30	<30
Topologia	Não isolado	Não isolado	Não isolado	Não isolado	Não isolado	Não isolado
Consumo Noturno Próprio (W)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Grau de Proteção	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
Conector CC	MC4( 2.5 ~ 4mm²)					
Conector CA	Conector Plug and Play					

\*1: Para o Chile, Potência Máxima de Entrada (W): GW700-XS-11 é 945, GW1000-XS-11 é 1350, GW1500-XS-11 é 2025, GW2000-XS-11 é 2700, GW2500-XS-11 é 3375, GW3000-XS-11 é 4050.  
 \*2: For Belgium-Potência ativa máx. de saída (W) & Potência aparente máx. de saída (VA): GW700-XS-11 is 700, GW1000-XS-11 is 1000, GW1500-XS-11 is 1500, GW2000-XS-11 is 2000, GW2500-XS-11 is 2500, GW3000-XS-11 is 3000.  
 \*: Por favor, consulte o site da GoodWe para verificar os certificados atualizados.  
 †: Todas as imagens mostradas são apenas de referência. A aparência real pode variar.



# PROCESSO DE LICENCIAMENTO

---

Para efetuar a conexão de uma central geradora à rede de distribuição, torna-se imperativo seguir procedimentos específicos. No contexto da CELESC, os consumidores interessados em integrar seus sistemas de geração de energia fotovoltaica à rede devem solicitar um Parecer Técnico de Acesso.

Esse pedido deve ser protocolado no PEP (Processo Eletrônico da Celesc) com a classificação específica de solicitação GD, indicando a requisição de acesso para micro ou minigeração.

É crucial assegurar que todas as informações sejam devidamente preenchidas no sistema PEP, atendendo às normativas estabelecidas pela CELESC, conforme disposto na normativa I-432.0004.

Além do preenchimento adequado no sistema, é necessário encaminhar todos os documentos solicitados no processo, garantindo assim a conformidade com os requisitos técnicos e normativos exigidos pela concessionária de energia.

<https://pep.celesc.com.br/PEP/externo/login.xhtml>

[CLIQUE AQUI](#)



Em conclusão, esta cartilha busca fornecer um guia acessível para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados a rede elétrica de distribuição. Desde a compreensão da demanda energética até os procedimentos específicos para conexão à rede de distribuição, cada etapa foi abordada com o objetivo de simplificar o processo.

A importância do correto dimensionamento, escolha de equipamentos certificados, e o cumprimento dos procedimentos de conexão à rede não apenas garantem a eficiência operacional do sistema, mas também contribuem para a construção de um ambiente sustentável e para a expansão da geração de energia limpa. Ao seguir as orientações apresentadas nesta cartilha, espera-se que os usuários possam desfrutar dos benefícios econômicos e ambientais proporcionados pela energia solar fotovoltaica, contribuindo para um futuro mais sustentável e energeticamente eficiente.

# REFERÊNCIAS

---

CELESC. PEP - Processo Eletrônico da Celesc. Disponível em: <https://pep.celesc.com.br/PEP/externo/login.xhtml>. Acesso em: 05 out. 2023.

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB). Potencial Solar. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em: 05 out. 2023.

Enel Distribuição Rio de Janeiro. Simulador de Consumo. Disponível em: <https://enel-rj.simuladordeconsumo.com.br/>>. Acesso em: 08 out. 2023.

OLIVEIRA, Jonathan. Cartilha Explicativa Simplificada para Elaboração do Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Residenciais Conectados à Rede Elétrica de Distribuição. Florianópolis, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis, Departamento Acadêmico da Construção Civil.

**ANEXOS**

## ANEXO A – Fatura de Energia da Residência já Construída.

**Celesc**  
Distribuição S.A.

Mês/Ano: **09/2023** N°. Unidade Consumidora: **546682**

CPF: **37917196968**

GAROPABA - GAR - GAROPABA - SC  
Loc/Etapa/Liv: 1309,01,008201 - Medidor: 4245264 - TENSÃO NOMINAL: 220v - 300v - GRUPO B  
Classificação: 01 - RESIDENCIAL - CONVENCIONAL - TRIFASICO  
Cod. Fiscal de Operação: 5.258 Tipo do Disjuntor: 50 AS [1.6.16.0]

Descrição de Consumo		1.2/142		kWh	
Medidor:	6662	Consumo Med/Fat:	28	Unidade de Medida:	LIDA
Leit. Atual:	6520	Número de Dias Faturados:	5,07	Origem da Leitura:	0,65
Leit. Anter:		Consumo Médio Diário (kWh):		Fator de Potência:	1,00
				Fator de Multiplicação:	

Datas Importantes		Mês/Ano de Continuidade				
Leitura Anterior:	07/08/2023	Mensal	Trim	Anual	Realizado	0,00
Leit. Atual:	04/09/2023	DIC				0,00
Emissão/Apresentação:	04/09/2023	FIC				0,00
Próx. Leitura:	06/10/2023	DMIC	GAROPABA CM (R\$): 38,81			
		Conj.ANEEL:				

**Histórico de Consumo**

SET./23	AGO./23	JUL./23	JUN./23	MAI./23	ABR./23	MAR./23	FEV./23	JAN./23	DEZ./22	NOV./22	OUT./22	SET./22
142	140	125	105	117	138	363						

Discriminação do Faturamento					
Item	Quantidade	X	Preço (R\$)	=	Total (R\$)
CONSUMO	142		0,679738		96,53
<b>Subtotal 1</b>					<b>96,53</b>
COSIP MUNICIPAL					19,56
<b>Subtotal 2</b>					<b>19,56</b>

Composição do Preço (Art. 31 Resolução 166/2005)				Tarifas sem tributos	
ENERGIA	36,85	DISTRIBUICAO	17,12	Resolucao 3244/2023	
TRANSMISSAO	7,31	TRIBUTOS	13,75	TUSD	0,300390
ENC. SETORIAIS	21,50	SOMA DEMONSTRATIVO	96,53	TE	0,29257

Tributos (incluídos) no Total a Pagar

	Base de Calculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
ICMS	0,00	17	0,00
ICMS	96,53	12	11,57
PIS/PASEP	84,95	0,46	0,39
COFINS	84,95	2,11	1,79
Mensagens			

Periodos Band.Tarif.: Verde:08/08-04/09

ANEXO B – Exemplo de Memorial Descritivo de Projeto de Sistema Fotovoltaico

PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

# MEMORIAL DESCRITIVO

Nome do Titular da Tarifa de Energia  
Potência do Sistema (kWp)  
Número da Unidade Consumidora

Responsável Técnico  
Engenheiro  
CREA-SC

## SUMÁRIO

1. OBJETIVO
2. DESCRIÇÃO GERAL DO CONSUMIDOR
3. DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA
  - 3.1. Módulos Fotovoltaicos
  - 3.2. Inversores
  - 3.3. Estruturas Metálicas de Fixação dos Módulos
  - 3.4. Dispositivos de Proteção
  - 3.5. Cabeamento
  - 3.6. Aterramento
  - 3.7 Localização dos módulos fotovoltaicos
  - 3.8. Eficiência, segurança e proteção
  - 3.9. Conexões
4. SISTEMA DE MEDIÇÃO
  - 4.1. Identificação da central geradora
  - 4.2. Medidor bidirecional
5. CONSIDERAÇÕES
6. TERMOS
7. ANEXOS

## 1. OBJETIVO

O presente documento descreve o sistema fotovoltaico de potência **0,00kWp** a ser instalado no consumidor “**Nome do Consumidor**” (UC **000000**) localizado na “**Endereço da unidade consumidora**”, número, cidade/estado.

## 2. DESCRIÇÃO GERAL DO CONSUMIDOR

Código da UC:

Classe de Consumo: Residencial

Titular da UC:

CPF:

Endereço:

Bairro:

CEP:

E-mail:

Celular:

Carga Instalada:

Tipo de Conexão:

Proteção Geral:

Latitude:

Longitude:

### 3. DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O sistema fotovoltaico com a potência de **0,00kWp** será conectado à rede de baixa tensão. As características do sistema estão resumidas abaixo.

#### 3.1 Módulos Fotovoltaicos

O sistema conta com **00** módulos fotovoltaicos (**Tipo do módulo**) idênticos, instalados na cobertura da UC ocupando uma área de **00m<sup>2</sup>**, visando o máximo de eficiência, a tabela abaixo apresenta as especificações técnicas dos módulos utilizados:

**\*Inserir tabela do fabricante com especificações do módulo fotovoltaico.**

#### 3.2 Inversores

O inversor é o equipamento responsável por transformar a energia elétrica gerada nos módulos fotovoltaicos em corrente contínua (DC), na forma de corrente alternada (AC) para entregar à rede.

O sistema conta com 1 inversor, a tabela abaixo apresenta as especificações técnicas do inversor utilizado:

**\* Inserir tabela do fabricante com especificações do inversor fotovoltaico.**

O sistema de proteção do acessante deverá dispor minimamente das seguintes funções de proteção:

Função	Parametrização	(Referência)
Subtensão (27)	0,8 pu (0,4 s)	
Sobretensão (59)	1,1 pu (0,2 s)	
Subfrequência (81 U)	57,5 Hz (0,2s)	
Sobrefrequência (81 O)	62,0 H2 (0,2 s)	
Sobrecorrente (50/51)	Conforme padrão de entrada	
Sincronismo (25)	10" 10% tensão 0,3 Hz	
Anti-ilhamento (78)	Ativa	

O inversor CC/CA a ser instalados pelo acessante para sistemas conectados à rede elétrica deverá ter homologação emitida pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) conforme ensaios portaria INMETRO 004/2011 ou equivalente atualizada e com comprovante de certificação pelo INMETRO. Em caráter excepcional, enquanto o processo de homologação no INMETRO não estiver consolidado, poderão ser aceitos inversores que apresentem certificados dos laboratórios internacionais acreditados pelo INMETRO, após envio de documentação do inversor para análise e aceitação por parte da concessionária de energia.

#### 3.3 Estruturas Metálicas de Fixação

As estruturas utilizadas são compostas por perfis de alumínio de **0 metros** de comprimento. A fixação dos suportes de telhado será através do canal inferior do perfil. A fixação dos grampos é feita no canal superior do perfil.

Os parafusos para fixação dos suportes e grampos ao perfil de alumínio tem a medida de **0/00x0"** e **M0x00**. O parafuso maior é utilizado junto aos suportes de telhado. O parafuso menor é utilizado para fixação do grampo intermediário e final no perfil.

A fixação dos painéis também é feita com a utilização de grampos de alumínio.

### 3.4 Dispositivos de Proteção

Para a proteção dos equipamentos do sistema, das instalações e das pessoas, são instalados junto ao inversor nos circuitos CC (Corrente Contínua) e CA (Corrente Alternada) os seguintes dispositivos:

Circuito de Corrente Contínua:

- DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);
- Disjuntor CC;

Circuito de Corrente Alternada:

- DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);
- Disjuntor Termomagnético - 25A - Trifásico;

São utilizados DPS (dispositivo de proteção contra surto) no quadro de disjuntores, com o objetivo de detectar sobretensões na rede elétrica e desviar as correntes de surto.

Todos os equipamentos estão acondicionados em quadros elétricos com proteção de intempéries, devidamente sinalizados, para a proteção e instrução de pessoal autorizado, quanto às manobras de operação dos dispositivos de proteção, em caso de manutenções futuras.

### 3.5 Cabeamento

O sistema conta com um ramal de **00mm<sup>2</sup>** e a saída para o inversor com cabeamento **0mm<sup>2</sup>** em cobre.

### 3.6 Aterramento

O aterramento do sistema conta com uma haste de **0/0"x0,00m**.

### 3.7 Localização dos Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos serão instalados sobre o telhado no local, ficando próximo ao inversor. Serão **00 módulos** no total. Será acoplado 1 inversor de **0,0kW**.

Informações Técnicas:

- Campo de Aplicação: **Tipo do telhado e inclinação.**
- Tipo da estrutura: **Material do telhado.**
- Módulos Fotovoltaicos: **(L X C X A).**
- Orientação do Módulo: **Retrato ou paisagem.**
- Composição do Perfil de Fixação: **Tipo do Material.**
- Composição dos Fixadores: **Tipo do Material.**
- Base de Fixação: **Modo de Fixação.**

- Normas Aplicáveis: NBR – 10821/2011.
- Componentes do Sistema: **Listar componentes.**

### 3.8 Eficiência, Segurança e Proteção

Modelo	<b>Modelo do Inversor.</b>
Máxima Eficiência	<b>00,00%</b>
Proteção de Sobre tensão /Sub tensão	Sim
Tensão de Desligamento / Tensão de Partida	Sim
Monitoramento de Isolação e Impedância (CC)	Sim
Proteção de Falha de Aterramento	Sim
Monitoramento da Rede	Sim
Monitoramento de corrente de fuga	Sim
Monitoramento de Injeção de Corrente Contínua (CC)	Sim

### 3.9 Conexões

- O ramal de entrada é através de **X** cabos unipolares de bitola **#00mm<sup>2</sup>** PVC, **0 fases e 0 neutro**, instalado no interior de eletroduto. Não será necessária alteração no ramal de entrada, apenas a troca do medidor para um bidirecional;
- Para a identificação das cores dos condutores deverão respeitar as seguintes cores. Neutro - azul-claro, Fase R - Preto, Fase S - Branco, Fase T – Vermelho;
- O Sistema tem como proteção geral um disjuntor de **00A**;
- Não deverá haver emendas em cabos subterrâneos.

## 4. SISTEMA DE MEDIÇÃO

### 4.1 Identificação de central geradora

Será fixada através de parafusos junto a da caixa de medição, em local visível, placa de PVC de 2mm de espessura, identificando central geradora, conforme imagem abaixo:



#### 4.2 Medidor bidirecional

Necessário a distribuidora instalar um medidor com a funcionalidade de medição bidirecional de energia elétrica ativa, sem custos ao acessante, após a aprovação da vistoria.

#### 5. Considerações

- A execução dos serviços deverá seguir rigorosamente as especificações desse memorial e do projeto em anexo, primando sempre pela boa técnica, segurança e bom acabamento.
- É vedado emenda de condutores no interior de eletroduto;
- Toda instalação do sistema fotovoltaico, seguem as indicações da NBR5410.
- A energia fornecida pela geração, não poderá causar nenhuma interferência na medição de energia da cooperativa;
- A instalação elétrica do circuito de geração deverá ser independente e feita em tubulação exclusiva;
- Não será permitido violar o sistema de lacre utilizado pela cooperativa para realizar a conexão do gerador, pois conforme projeto, o mesmo se encontra após a medição de energia;
- Ao termino do serviço, deverão ser efetuados ensaios e testes para garantir a segurança e funcionalidade da instalação;
- A proteção do acessante deve ter a capacidade de detectar a desconexão do sistema da CERPALO e atuar no sentido de impedir que o seu sistema de geração opere isolado, alimentando consumidores da concessionária (proteção anti-ilhamento). O sistema de proteção deve desconectar os geradores em até 2 segundos após a perda da rede.

---

Engenheiro  
CREA/SC

---

Titular da UC  
CPF

## 6. Termos

**TERMO DE RESPONSABILIDADE RESPONSÁVEL TÉCNICO**

Eu, \_\_\_\_\_, CPF nº \_\_\_\_\_, registrado no CREA sob o nº \_\_\_\_\_, declaro ser responsável pelo, dimensionamento dos equipamentos, dispositivos de proteção e instalação para conexão do sistema de microgeração com a rede de distribuição de energia da \_\_\_\_\_, instalado no consumidor \_\_\_\_\_, UC \_\_\_\_\_, situado à Rua \_\_\_\_\_, no município de \_\_\_\_\_ - SC, o qual é responsável pela operação e manutenção do referido sistema, visando não energizar em hipótese alguma o alimentador da \_\_\_\_\_ quando este estiver fora de operação, assumindo total responsabilidade civil e criminal, na ocorrência de acidentes ocasionados por insuficiência técnica da conexão, dos equipamentos desse sistema.

---

Engenheiro  
CREA – SC

---

Titular da UC  
CPF:

**TERMO DE RESPONSABILIDADE OPERADOR**

O consumidor \_\_\_\_\_, CPF nº \_\_\_\_\_, declara ser responsável pela instalação do sistema de microgeração com a rede de distribuição de energia da \_\_\_\_\_, instalado na UC \_\_\_\_\_, situado à Rua \_\_\_\_\_, no município de \_\_\_\_\_ - SC, o qual é responsável pela operação e manutenção do referido sistema (\*ver nota), visando não energizar em hipótese alguma o alimentador da \_\_\_\_\_, quando este estiver fora de operação, assumindo total responsabilidade civil e criminal, na ocorrência de acidentes ocasionados por falta de manutenção, defeitos ou operação inadequada dos equipamentos desse Sistema.

**\*NOTA:**

Segundo fabricante deverá ser efetuada uma manutenção anual no inversor e semestral nos módulos solares.

---

Titular da UC  
CPF:

## 7. Anexos



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART CREA-SC**  
 Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977  
 Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina

**ART OBRA OU SERVIÇO**

**Inicial Individual**

1. Responsável Técnico

Título Profissional: Engenheiro Tecnólogo	RNP: _____ Registro: _____
Empresa Contratada:	Registro: _____

2. Dados do Contrato

Contratante:	CPF/CNPJ: Nº: _____
Endereço:	Bairro: UF: SC
Complemento:	CEP: _____
Cidade:	
Valor da Obra/Serviço/Contrato: _____	Honorários Vinculado à ART: _____
Contrato: _____	Ação Institucional: Tipo de Contratante: _____

3. Dados Obra/Serviço

Proprietário:	CPF/CNPJ: Nº: _____
Endereço:	Bairro: UF: SC
Complemento:	CEP: _____
Cidade:	
Data de Início: _____	Data de Término: _____
Finalidade: _____	Coordenadas Geográficas: _____
	Código: _____

4. Atividade Técnica

Projeto	Execução	Dimensão do Trabalho:	Número de Sistemas
<b>Aterramento de instalações elétricas em baixa tensão</b>		1,00	
<b>Instalação elétrica em baixa tensão para fins residenciais/comerciais</b>			Quilowatt(s)
<b>Geração solar de energia elétrica</b>			Quilowatt(s)
<b>Verificação de instalação elétrica em baixa tensão com demanda de até 300 kVA (Capítulo 7 - NBR5410)</b>			Quilowatt(s)

5. Observações

Projeto e execução de instalação elétrica de geração solar de energia elétrica

6. Declarações

· Acessibilidade: Declaro que na(s) atividade(s) registrada(s) nesta ART foram atendidas as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal n. 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

9. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

8. Informações

· A ART é válida somente após o pagamento da taxa.  
 Situação do pagamento da taxa da ART em 17/11/2022: TAXA DA ART A PAGAR  
 Valor ART: R\$ 88,78 | Data Vencimento: 28/11/2022 | Registrada em:  
 Valor Pago: | Data Pagamento: | Nosso Número:  
 · A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-sc.org.br/art](http://www.crea-sc.org.br/art).  
 · A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.  
 · Esta ART está sujeita a verificações conforme disposto na Súmula 473 do STF, na Lei 9.784/99 e na Resolução 1.025/09 do CONFEA.

[www.crea-sc.org.br](http://www.crea-sc.org.br)  
 Fone: (48) 3331-2000

[falecom@crea-sc.org.br](mailto:falecom@crea-sc.org.br)  
 Fax: (48) 3331-2107



**FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO  
DISTRIBUIDA COM POTENCIA INFERIOR A 10 KW**

À

Prezados senhores,

Solicitamos o acesso ao sistema de distribuição desta , na modalidade microgeração de energia elétrica, participante do sistema de compensação de energia elétrica, nos termos da Resolução Normativa nº 482/2012.

<b>1 - IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC</b>	
Código da UC: .....	
Classe de consumo: Residencial	Tipo: B1
Titular da UC:	
Rua/Av:	
Bairro:	Município:
CEP:	CPF/CNPJ:
E-mail:	
Telefone:	

<b>2 - DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA</b>			
Carga instalada (kW):	Tensão de fornecimento (V): 380/220		
Tipo de conexão (ligação):	monofásica ( )	bifásica ( )	trifásica ( )
Proteção geral (A):	Ramal de entrada:	aéreo ( )	subterrâneo ( )

<b>3 - DADOS DA GERAÇÃO</b>			
Modalidade:	Geração na própria UC ( )	Auto consumo remoto ( )	
	Compartilhada ( )	Condomínio ( )	
Quantidade de UC(s) que recebem créditos:			
Tipo de Fonte:	CGH ( )	EOL ( )	UFV ( )
	UTE ( )	Outra (especificar):	
Potencia total dos módulos:	Quantidade de módulos:		
Potência total dos inversores:	Quantidade de inversores:		
Potência instalada/geração:	Área total dos arranjos:		
Fabricante dos módulos:			

Modelo dos módulos:
Fabricante do(s) inversores:
Modelo do(s) inversores:

<b>4 – DOCUMENTOS ANEXOS</b>	
4.1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração.	( )
4.2. Diagrama unifilar contemplando Geração/Proteção (inversor, se for o caso)/Medição e memorial descritivo da instalação	( )
4.3. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede	( )
4.4. Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scg">www.aneel.gov.br/scg</a>	( )
4.5. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da integrantes (se houver)	( )
4.6. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver)	( )
4.7. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver).	( )

<b>5 – CONTATO NA DISTRIBUIDORA</b>	
Responsável/área	
Endereço:	
Telefone:	
E-mail:	

<b>6 - DADOS DO SOLICITANTE E/OU RESPONSÁVEL TÉCNICO</b>	
Nome	
Telefone/celular:	CREA:
E-mail:	
Número documento de responsabilidade técnica:	

Local / data:
---------------

\_\_\_\_\_  
CREA/SC:

\_\_\_\_\_  
CPF

**Formulário para cadastro de Unidades Consumidoras participantes do Sistema de Compensação**

Solicito que o excedente de energia injetada na rede pela unidade consumidora nº. 1080257/6, que esteja disponível para alocação nos termos da ReN Aneel 482/2012, seja rateada entre as unidades consumidoras abaixo relacionadas, conforme percentuais discriminados.

Dados da(s) Unidade(s) Consumidora(s) Beneficiária(s)				Unidade Consumidora
Nome do Titular	CPF/CNPJ do Titular	Endereço	(%)	

Obs: a UC principal (geradora) somente pode ser incluída no rateio, no caso de empreendimento com múltiplas UCs (condomínio).

Declaro ainda estar ciente e concordar que:

- a) a soma dos percentuais informados limita-se à 100%, sendo que, caso resulte em valor inferior, o residual será compensado na unidade consumidora geradora.
- b) em caso de encerramento da relação contratual do atual titular de qualquer dessas unidades consumidoras (nos termos do art. 70 da ReN Aneel 414/2010), o percentual alocado à mesma será transferido para a unidade consumidora geradora, até o envio de novo formulário para redefinição do rateio.
- c) as informações cadastradas com base no especificado neste documento somente serão alteradas mediante entrega de novo formulário, sendo de responsabilidade exclusiva do titular da unidade consumidora geradora (ou seu representante formalmente designado, no caso de Pessoa Jurídica) a emissão e entrega do mesmo.
- d) este documento cancela e substitui qualquer outra solicitação anterior de cadastro de beneficiários relacionadas à unidade consumidora geradora acima identificada.

Titular da Unidade Consumidora (Nome Completo/Razão Social):

Nome do Titular:

CPF: