

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ERLON BARAUSSE  
LUIZ AUGUSTO RIBEIRO FRANCO JUNIOR**

**PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM RESIDÊNCIAS  
UNIFAMILIARES – PROPOSTA DE UM MANUAL PARA  
IMPLANTAÇÃO**

**PONTA GROSSA  
2022**

**ERLON BARAUSSE**  
**LUIZ AUGUSTO RIBEIRO FRANCO JUNIOR**

**PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM RESIDÊNCIAS  
UNIFAMILIARES – PROPOSTA DE UM MANUAL PARA  
IMPLANTAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à disciplina de OTCC para  
obtenção do título de Engenheiro Civil na  
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Marina Gadens  
Berton Zaika

**PONTA GROSSA**  
**2022**

**ERLON BARAUSSE**  
**LUIZ AUGUSTO RIBEIRO FRANCO JUNIOR**

**PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM RESIDÊNCIAS  
UNIFAMILIARES – PROPOSTA DE UM MANUAL PARA  
IMPLANTAÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Marina Gadens Berton Zaika  
Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

---

Prof. Dr. Guilherme Araújo Vuitik  
Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

---

Prof. Me. Helenton Carlos da Silva  
Membro externo – Unopar

Ponta Grossa, 18 de março de 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Erlon

Agradeço a Deus em primeiro lugar por ter me concedido o dom da vida e me permitido chegar à conclusão desse trabalho.

Agradeço às três mulheres mais importantes da minha vida: a primeira seria minha mãe Schirley Genari, obrigado por estar sempre ao meu lado quando precisei que acabou se tornando mãe/avó da minha filha, me ajudando a cuidar e educar ela da melhor forma possível. Depois, minha falecida esposa Ana Paula Schimandeiro, que infelizmente não está mais presente entre nós mas tenho certeza que está muito feliz guiando meus passos ao lado do Senhor, nosso Deus. E por fim e não menos importante a minha filha Maya Schimandeiro Barausse, que está próxima de completar um ano e em tão pouco tempo se tornou minha razão de viver, me dando forças para superar os momentos tristes pelos quais passei e me trouxe a maior alegria que foi a de me tornar pai. Amo vocês e serei eternamente grato por tudo que conquistei até hoje e por me ajudarem a concluir esse trabalho.

Agradeço ao meu falecido pai, Edgar Barausse que se mostrou um homem exemplar guiando meus passos e sempre me ajudando quando mais precisei.

Agradeço à orientadora Marina Gadens Berton Zaica, que sempre esteve presente no desenvolvimento desse trabalho, nos ajudando da melhor forma possível.

Agradeço ao Luiz Augusto Ribeiro Franco Junior, colega e amigo de curso que aceitou desenvolver esse trabalho comigo com afinco e dedicação.

Agradeço finalmente a todos os colaboradores da Universidade Estadual de Ponta Grossa que foram excepcionais para minha formação e de alguma forma devemos tudo que aprendemos nesses 5 anos de curso, nos quais além de nos ensinar o conteúdo proposto pelo curso, nos formaram para sermos pessoas cada dia melhores.

Luiz

Agradeço a Deus pela capacidade em chegar até aqui. Por ter me colocado em situações que me proporcionaram crescimento e amadurecimento, me fazendo evoluir a cada novo degrau nessa caminhada.

Agradeço também aos meus pais por não me deixarem desistir, por me mostrarem confiança, perseverança, persistência e por sempre serem a minha base. E também às minhas irmãs, uma já seguindo os passos da engenharia, que estou encerrando aqui, e a outra que tanto alegra meu caminho.

Agradeço a minha namorada por me fazer enxergar o meu potencial, por visar ser acima da média, por me fazer acreditar ser capaz de superar todo e qualquer obstáculo que eu estivesse passando.

Agradeço aos meus amigos pela presença nos momentos difíceis, pela parceria e pela disposição de me ajudarem quando necessário. Pelos momentos de diversão e de descontração em situações tensas que a universidade nos proporciona. Sem eles o caminho com certeza teria sido muito mais difícil.

Agradeço aos professores pela atenção nas aulas, por estarem sempre atentos as novidades para deixar os alunos “atenados” nas novas tendências. Agradeço principalmente a minha orientadora, pela paciência e atenção nas correções e pela presença nos momentos de dúvida e nervosismo.

Agradeço aos meus avós, aos presentes e a que não está mais entre nós, que sempre acreditaram e me deram forças para continuar. Minha gratidão especial a vó Eni, pela confiança depositada em mim, por ter orgulho dos meus feitos, sempre contando para suas amigas e mostrando os meus projetos para o povo; e por ter me ensinado tantas coisas, tantas dicas de vida, a cozinha algumas comidas, enfim palavras e momentos que vou levar comigo para sempre.

## RESUMO

A preocupação com a preservação do meio ambiente, associada ao aumento da demanda energética mundial, impulsionou o desenvolvimento de novas estratégias e ferramentas para implantação de tecnologias sustentáveis na produção de energia mais econômica, eficiente e menos poluente. Esse cenário levou a necessidade de pensar na produção de energia solar em residências, fato que motivou a pesquisa com a justificativa de conhecer mais sobre a produção de energia solar limpa e sustentável para que haja promoção e integração entre meio natural e o meio construído, focando na sustentabilidade e apresentando um manual simplificado para implantação de sistemas fotovoltaicos em residências unifamiliares. O objetivo dessa pesquisa é estudar a implantação de sistemas fotovoltaicos em residências unifamiliares na cidade de Ponta Grossa/PR. Para a metodologia do estudo foi realizado levantamento bibliográfico de temas pertinentes, foi elaborado um questionário para ser respondido pelas empresas que fazem a instalação de painéis fotovoltaicos e após análise dos dados foi desenvolvido um manual para os consumidores leigos referente ao conteúdo abordado. Com essa pesquisa foi possível conhecer o mercado e suas particularidades, sendo verificado por exemplo que a inclinação ideal para o município é de 25°.

Palavras chave: Energia Solar. Sustentabilidade. Energia Elétrica.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capacidade de geração de energia instalada até 31 de dezembro de 2015 .....	11
Figura 2 – Consumo de energia elétrica no Brasil de 2015 a 2020 .....	16
Figura 3 – Mapas fotovoltaicos Sazonais do Paraná .....	22
Figura 4 – Detalhe de corte transversal de um módulo fotovoltaico .....	25
Figura 5 – Representação do processo de conversão fotovoltaico .....	25
Figura 6 – Município de Ponta Grossa e sua área urbana .....	29
Figura 7 – Fluxograma dos passos do trabalho .....	31
Figura 8 – Equipamentos utilizados no sistema de produção de energia solar .....	32
Figura 9 – Gráfico relativo a variação de preço de energia solar e de energia eólica .....	34
Figura 10 – Camadas de um módulo fotovoltaico .....	35
Figura 11 – Equipamentos de proteção em instalação residência .....	36
Figura 12 – Fluxograma dos passos para instalação da energia solar .....	37
Figura 13 – Interface CRESESB .....	39
Figura 14 – Análise solar por município para Ponta Grossa, fornecida pelo CRESESB .....	39
Figura 15 – Irradiação média na cidade de Ponta Grossa .....	40
Figura 16 – Demonstração dos tipos de radiação .....	41
Figura 17 – Uso de suporte nos módulos fotovoltaicos .....	42
Figura 18 – Interface do aplicativo fornecido pela SolarTech a seus clientes .....	44
Figura 19 – Interfaces do aplicativo SolarEdge .....	45
Figura 20 – Consumo instantâneo apresentado pelo aplicativo SolarEdge .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais marcas de painéis solares e seus países de origem .....	33
Tabela 2 - Fatores para comparar painéis fotovoltaicos .....	43

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>13</b>
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>15</b>
4.1 PERFIL DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL .....	15
4.2 A ENERGIA SOLAR .....	18
4.3 POTENCIAL SOLAR .....	20
4.4 A TECNOLOGIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	22
4.4.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos .....	23
4.4.2 Principais componentes dos sistemas fotovoltaicos .....	24
4.4.3 Eficiência elétrica da tecnologia fotovoltaica .....	25
4.5 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA .....	27
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>32</b>
6.1 MANUAL .....	46
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>
<b>APÊNDICE 1</b> .....	<b>60</b>
<b>APÊNDICE 2</b> .....	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, o homem manipula fontes de energia para tornar sua vida mais longa, confortável e garantir sua sobrevivência. Assim, com o intuito de evoluir, e com o auxílio de técnicas de engenharia, a radiação solar passa ser mais bem aproveitada como fonte de calor e luz. A iluminação natural do sol reduz o uso de energia elétrica trazendo economia para diversos setores, além de contribuir com a questão socioambiental (SALES, 2017).

A relação do homem com a natureza e os modos produtivos têm influenciado no equilíbrio do meio ambiente, considerando que por muitos anos a única preocupação foi a produção e a questão econômica (ALBUQUERQUE, 2007). Nesse sentido, se faz necessária a discussão sobre a adoção de medidas sustentáveis na construção civil, bem como a necessidade de atender as exigências legais, implantar construções ambientalmente corretas e obter certificados ambientais para construções no contexto nacional.

De acordo com Gore (2010, p.32), “a civilização humana e o ecossistema terrestre estão entrando em choque, e a crise climática é a manifestação mais proeminente, destrutiva e ameaçadora desse embate”. Com o cenário de busca por melhorias, as pesquisas e investimentos em tecnologias que utilizam recursos naturais renováveis, para a diversificação da matriz energética, têm aumentado. Com isso, a energia solar fotovoltaica tem se tornado mais conhecida e tem tido ampliado seu mercado consumidor e as pesquisas em seu entorno.

O estudo de outras formas de geração de energia limpa e natural, em conjunto com o emprego dessas técnicas na engenharia, vêm contribuindo de forma significativa para o crescimento do Brasil, que apesar da abundante presença de radiação solar, está atrasado em relação a países que não possuem grandes períodos ensolarados (SALES, 2017).

A preocupação com a preservação do meio ambiente com o aumento da demanda energética mundial impulsionou o desenvolvimento e a consequente implantação de tecnologias alternativas de produção de energia menos poluentes, renováveis e com menor impacto ambiental (PEREIRA *et al.*, 2006). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2014), os desafios para o setor da construção civil são:

redução e otimização do consumo de materiais e energia, redução dos resíduos gerados durante a execução da obra, a preservação do ambiente natural e a melhoria da qualidade do ambiente construído.

No contexto do desenvolvimento sustentável, o conceito transcende a sustentabilidade ambiental, para abraçar a sustentabilidade econômica e social, enfatizando a adição de valor à qualidade de vida dos indivíduos (BRASIL, 2014). Desse modo, o entendimento sobre danos, como efeitos negativos que comprometem o equilíbrio dos ecossistemas e os impactos com situações positivas ou negativas, sobre o meio ambiente, devem ser considerados quando se trabalha na construção civil, na arquitetura e urbanismo (ZABOTTO, 2019).

Existem diversas tecnologias implantadas no país com a finalidade de se obter mais sustentabilidade ambiental, e a energia solar está entre as que merece maior atenção no Brasil. Visto que a maior parte do Brasil encontra-se na região intertropical e assim possui imenso potencial para que seja realizado o aproveitamento da energia solar durante todo ano (PEREIRA *et al*, 2006).

Dentro da matriz energética brasileira, a energia solar encontra-se classificada como “outras” fontes renováveis, porém é perceptível que esse cenário vem mudando. De acordo com apresentado pelo Projeto Carta do Sol (2011), o Brasil caminha rumo à inserção de uma nova fonte na matriz de energia elétrica brasileira, a Energia Solar.

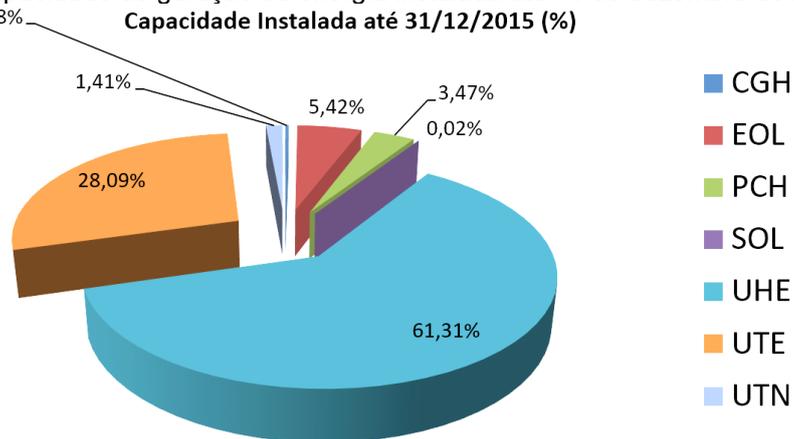
O Brasil, que é um país com boas condições climáticas, porém a quantidade de energia produzida dessa forma ainda não é elevada. No ano de 2016, foram registradas mais de 3,5 mil novas conexões de sistemas fotovoltaicos, em 2018 o país estava entre os vinte maiores produtores de energia solar e no ano de 2020, alcançou a 9ª posição mundial (BRASIL, 2016; ABSOLAR, 2020). Assim, é evidente o crescimento desse tipo de geração no Brasil.

Desta maneira, considerando-se as crescentes utilizações de fontes renováveis na geração de energia elétrica, ainda é necessário realizar estudos de viabilização, bem como, de maneiras de otimização da implantação de placas fotovoltaicas em residências (RIBEIRO; RESENDE; DALMÁCIO, 2008). Como alternativa tem sido considerada o uso da energia solar.

Dados do relatório de fiscalização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicado em 2016, apresentaram a capacidade instalada no Brasil até 2015, ultrapassou o patamar do Parque Gerador, mais de 140 mil megawatts (MW), provenientes de 542 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), 316 eólicas (EOL), 479

Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), 340 usinas solares (SOL), 198 Usinas Hidrelétricas (UHE), 2896 Usinas Termelétricas (UTE) e 2 Usinas Nucleares (UTN). A Figura 1 – Capacidade de geração de energia instalada até 31 de dezembro de 2015, apresenta a seguir as porcentagens de cada fonte de energia produzida.

Figura 1 – Capacidade de geração de energia instalada até 31 de dezembro de 2015.  
Capacidade Instalada até 31/12/2015 (%)



FORNTE: ANEEL, 2016.

Considerando-se os dados apresentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica nos anos de 2015 e 2016, é possível perceber que houve um aumento de mais de 40% na produção de energia proveniente de usinas de energia solar (ANEEL, 2015; 2016). A energia solar fotovoltaica tem sido considerada como uma tecnologia bastante promissora e experiências internacionais têm apresentado grandes contribuições para expansão desse mercado (VIANA, *et al*, 2011).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar sobre a implantação de sistemas fotovoltaicos em residências unifamiliares focando na cidade de Ponta Grossa/PR.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Revisão bibliográfica relacionada ao tema proposto;

Expor os processos de instalação de placas fotovoltaicas;

Apresentar os passos para instalação de energia solar em residências;

Apresentar informações técnicas e do mercado fotovoltaico na cidade de Ponta Grossa/PG; e

Elaborar um manual referente a energia solar.

### 3. JUSTIFICATIVA

A energia solar fotovoltaica consiste basicamente na conversão direta da luz em eletricidade, esse processo é chamado de efeito fotovoltaico, sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo semicondutor, a unidade fundamental para a realização desse processo de conversão (PINHO; GALDINO, 2014).

As leis relacionadas ao meio ambiente vêm normatizar os processos e disciplinar as ações que possam prejudicar o meio natural e também valorizar as ações positivas como iniciativas em prol do equilíbrio. A Lei nº 6938/81 destaca que os danos ambientais podem tanto afetar o interesse da coletividade quanto seus efeitos podem ter reflexo na esfera individual, o que autoriza o indivíduo a exigir a reparação do dano, seja ela patrimonial ou extrapatrimonial (FENKER, 2010).

O interesse na produção de energia solar em residências foi um dos pontos determinantes para definir o objetivo da pesquisa para promoção e integração entre o meio natural e o meio construído focado na sustentabilidade, bem como, levantar dados condizentes à obtenção de edificações no contexto nacional. Assim, a pesquisa foca na produção de energia solar propondo um manual simplificado com passos indicativos para instalação de energia solar em residências na cidade de Ponta Grossa/PR.

Assim, a busca por métodos sustentáveis tem sido cada vez mais explorada na construção civil, seja na geração de resíduos durante a construção em si ou no ato de propor soluções para residências que venham a colaborar com esse quesito. O uso de energia solar se mostra cada vez mais acessível e vem sendo considerada uma excelente alternativa para produção de energia elétrica em residências (PAULO, COELHO, 2017).

Como consequência da dificuldade energética pela qual a sociedade tem passado, as matérias-primas utilizadas tem sido cada vez mais escassa e incapaz de suprir a demanda do consumo de energia elétrica. Juntamente com isso, tem-se a previsão de crescimento das indústrias de base, o aumento do consumo de energia elétrica, o desenvolvimento significativo da autoprodução energética em alguns

segmentos da indústria, os ganhos com o aumento da eficácia energética, dentre outros fatores. (SIMIONI, 2007).

As fontes de energias renováveis têm recebido lugar de destaque em pesquisas e considerando a matriz energética brasileira, há imensa capacidade para uso da energia solar e o Brasil tem caminhado rumo à inserção dessa fonte na matriz de energia elétrica brasileira (BRASIL, 2021).

Diante desse contexto, a busca por novas fontes alternativas de geração de energia elétrica que possam suprir a demanda energética é crucial e necessária, isso pois através delas é possível diminuir custos operacionais. No mercado tem-se diversa gama de informações referentes ao uso dessas fontes alternativas. Porém informações técnicas provindas de pesquisa acadêmica com foco em público consumidor final não é encontrada (LIMA, 2019).

Assim, o uso da energia solar fotovoltaica se mostra ideal pois se trata de uma fonte não poluente, compacta e apresenta baixo custo de manutenção. Dessa forma, o acesso ao conhecimento científico por parte da população interessada em instalação de placas fotovoltaicas, bem como de engenheiros civis, se mostra como justificativa para elaboração deste trabalho.

Esses aspectos fazem com que este estudo seja como uma fonte de pesquisa para aprofundamento desse tema, contribuindo juntamente com outras referências que também tratam do assunto. O manual é um material didático e de fácil entendimento para o público geral e para que estudantes e engenheiros possam utilizar para incrementar suas explicações aos consumidores.

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordado o perfil de consumo de energia elétrica no Brasil contextualizando a energia solar. Serão apresentados dados do potencial solar e tecnologias de sistemas fotovoltaicos e demais equipamentos necessários para a geração de energia fazendo uso do sol. Para compreender mais sobre a energia solar e seus usos, o texto apresenta uma análise detalhada sobre a energia solar e os incentivos para instalação desse tipo de energia em residências.

### 4.1 PERFIL DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

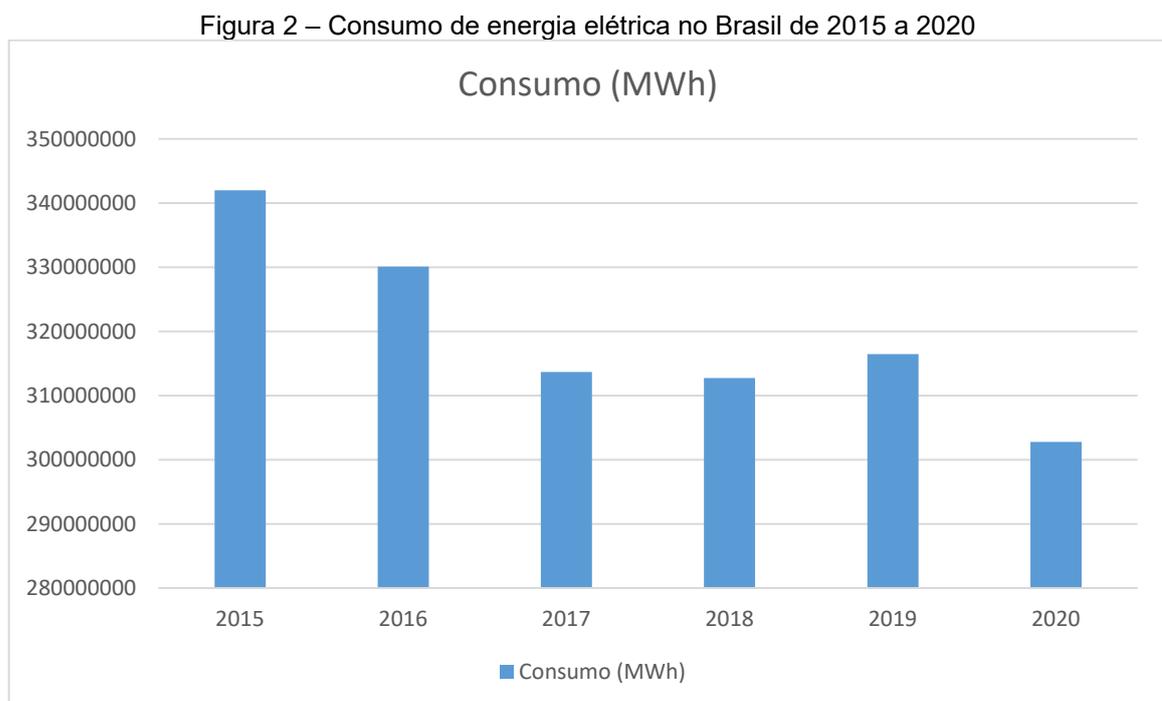
O interesse pelos estudos sobre geração de energia, estão crescendo cada vez mais com objetivo de aproveitar melhor os recursos disponíveis. A matriz energética conta com fontes de energias solar, hidrelétrica, nuclear, eólica, entre outras, que transformadas em energia elétrica são fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões. Os progressos tecnológicos de geração e transmissão de eletricidade estão em constante transformação e movimentam centros urbanos e polos industriais (MORAIS, 2015).

Mesmo com os avanços e investimentos na geração e transmissão de energia elétrica, cerca de um terço da população mundial ainda não tem acesso a esse recurso, outra grande parte é atendida de forma insuficiente e a fonte de energia convencional, que é a elétrica ainda é responsável por grandes impactos ambientais (MORAIS, 2015).

Morais (2015) destaca que a sociedade despertou para uma nova abordagem sobre os recursos energéticos e trouxe um novo olhar sobre sustentabilidade, poluição ambiental, custo social e segurança energética. Essa questão aponta para a oferta de energia elétrica para atender a crescente demanda, os aspectos econômicos que exercem forte influência na definição da matriz energética dos países, inclusive prevendo investimentos em fontes renováveis de energia como energia eólica, solar, biomassa, entre outras.

Tolmasquim (2012) destaca que no Brasil aconteceram conquistas no setor elétrico que tiveram influência da revisão do marco regulatório devido à competitividade dos leilões de geração de energia eólica e hidrelétrica de usinas. O destaque da geração de energia no Brasil é a hidrelétrica. Dachery *et al.* (2014) apontam que a maior parte dos empreendimentos hidrelétricos foi construída durante um período em que havia pouca preocupação com os impactos ambientais e sociais que essas obras de engenharia ocasionam. A década de 1940 marcou o início da construção de uma série de usinas hidrelétricas, o que tornou o Brasil um dos maiores produtores de energia renovável do mundo e possui a maior represa hidrelétrica em geração de energia, Itaipu no Paraná.

Segundo dados da ANEEL (2021) o consumo total de energia elétrica no Brasil considerando-se o período de janeiro a dezembro de cada ano, foi em 2020 de 302.784.280,44 MWh, considerando dados de todas as regiões brasileiras. O relatório leva em consideração toda energia que é distribuída por alguma companhia como a COPEL. Analisando-se o consumo de energia elétrica nos últimos seis anos no Brasil é possível verificar que o consumo vem apresentando queda com o passar dos anos, conforme pode ser observado no gráfico apresentado na Figura 2 - Consumo de energia elétrica no Brasil de 2015 a 2020, apresentada a seguir:



FONTE: ANEEL (2021)

Diversos podem ser os fatores que ocasionaram essas baixas no consumo ao longo dos anos. É preciso que se leve em consideração a evolução dos eletrodomésticos, cada vez mais econômicos, a redução do consumo pela conscientização dos consumidores e também o fato do consumo de energia elétrica estar sendo buscado em fontes alternativas de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética do governo brasileiro (EMPE).

Morais (2015) destaca que na matriz energética brasileira a participação da energia hidrelétrica é da ordem de 63%, gerando cerca de 70% de toda eletricidade consumida no país. Analisando os problemas econômicos e ambientais para o crescimento de outras fontes geradoras de energia, fato comprovado na diminuição de consumo apresentada no quadro 1.

Moreira Jr. e Souza (2020) discorrem sobre o potencial de geração de energia solar no Brasil fazendo uma comparação com a Alemanha, país europeu pioneiro e vanguardista no uso de energia solar. Os autores apontam que o potencial energético solar no Brasil apresenta média anual elevada em comparação com a Alemanha, que recebe 40% menos radiação do que o lugar menos ensolarado do Brasil. Porém, a Alemanha encontra-se em estágio avançado tanto de pesquisa quanto nas instalações.

No contexto de geração de energia solar, destaca-se a energia fotovoltaica como sendo um tipo de tecnologia bastante promissora nos últimos anos. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012) aponta que o Brasil tem aproximadamente 20MW de capacidade de geração solar fotovoltaica instalada.

A região do Brasil que possui alto potencial para captação de energia solar é o Nordeste, visto que a região que se encontra mais bem localizada na região central do globo terrestre, e dessa forma apresenta maior disponibilidade energética, seguida da região Centro-Oeste e Sudeste. Apesar das variações regionais no Brasil mesmo a região Sul, que é considerada com menor disponibilidade energética recebe a média de 5,0 kWh/m<sup>2</sup> por ano de incidência solar, é um valor acima do registrado em países como a Alemanha (BOREAL SOLAR, 2021).

Considerando a importância da energia solar, Flórez (2010) destaca que a energia solar absorvida pela Terra em um ano, é equivalente a 20 vezes a energia armazenada em todas as reservas de combustíveis fósseis no mundo e dez mil vezes superior ao consumo atual. Para compreender mais sobre a energia solar e seus usos,

o tópico a seguir apresenta uma análise detalhada sobre a energia solar e os incentivos para instalação desse tipo de energia em residências.

## 4.2 A ENERGIA SOLAR

Antes de tratar do funcionamento dos sistemas conversores, é fundamental que se conheça o “combustível” que alimentará os sistemas fotovoltaicos. Uma série de questões, de suma importância para a escolha, posicionamento e otimização dos sistemas de aproveitamento da energia solar, podem ser respondidas com o conhecimento da energia do Sol e dos movimentos da Terra. Como por exemplo, por que temos mais horas de sol durante o dia do que à noite? Por que o Sol fica mais alto no horizonte no verão do que no inverno? Quanta energia está disponível na superfície terrestre? Qual o espectro de emissão da radiação solar? Essas e várias outras perguntas devem ser respondidas para que o projeto dos sistemas seja satisfatório (MESSENGER E VENTRE, 2005).

A energia solar consiste no recurso energético mais abundante no planeta e tem sido considerada como uma das mais promissoras para suprimento de energia, sendo explorada progressivamente nos últimos 40 anos. O fluxo de energia solar que chega a superfície terrestre é milhares de vezes maior que o total de energia consumida atualmente (IEA, 2011).

A constante busca pela redução dos impactos no meio ambiente na produção de energia elétrica vêm ganhando espaço importante em todo o mundo. Os governantes têm colocado como objetivo incentivar um novo desenvolvimento industrial no setor de energia, promover o consumo consciente, reduzir os desperdícios e os custos, além de promover investimentos, gerando assim, a eficiência energética (WEO, 2012).

Apesar da utilização da energia solar ser precária em algumas regiões, existem diversos incentivos por parte dos governantes para aproveitamento deste recurso. Nascimento *et al.* (2017, p. 162) apontam como incentivos:

- Abatimentos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD);

- Descontos de, no mínimo 50%, sobrevivendo na produção e no consumo da energia;
- A venda direta a consumidores considerados 'especiais' (carga entre 500 kW e 3.000 kW) para geradores de energia de fonte solar e demais fontes renováveis, com potência injetada inferior a 50.000 kW;
- Sistema de compensação de energia elétrica para a micro e minigeração distribuídas;
- Redução de imposto de renda;
- Condições diferenciadas de financiamento;
- Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): fonte de recursos para projetos executados pelas empresas do setor elétrico e aprovados pela ANEEL estabelecidos com desenvolvimento da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil;
- Leilões de compra de energia elétrica com produto específico para fonte solar.

Em agosto de 2021 foi aprovado um projeto de lei que estabelece uma transição para a cobrança dos encargos e das tarifas referentes aos sistemas de distribuição por parte dos micro e minigeradores de energia elétrica. De acordo com o projeto, até o ano de 2045 os micro e minigeradores existentes pagarão componentes da tarifa apenas referente a diferença, se positiva, entre o consumido e o gerado e injetado na rede de distribuição. Assim, essa nova forma de tarifa valerá para consumidores que pedirem acesso à distribuidora em até 12 meses da publicação da lei (PL 5829/19).

Ainda de acordo com o projeto, para contar com esse benefício, os geradores terão prazos para iniciar a injeção de energia no sistema, contados do parecer favorável da distribuidora da seguinte forma: 120 dias para microgeradores, 12 meses para minigeradores de fonte solar e 30 meses para minigeradores das demais fontes. Sendo considerados microgeradores aqueles que geram até 75 kW de energia de fontes renováveis e minigeradores aqueles que geram mais de 75 kW até 5 MW (em 2045, esse limite passará para 10 MW para a fonte solar) (PIOVESAN, 2021).

Com relação aos percentuais de taxa, o projeto prevê uma transição de 7 a 9 anos no pagamento dos encargos de distribuição por aqueles que começarem a geração depois de 12 meses da nova lei. Assim, esse custo será acrescido em 15% a cada ano, assim tem-se taxa de 15% em 2023, 30% em 2024, 45% em 2025, 60% em 2026, 75% em 2017 e 90% em 2028 (PIOVESAN, 2021).

Assim, no dia 10 de janeiro de 2022, a Lei 14.300/22, que institui o marco legal da micro e minigeração de energia, foi sancionada pelo presidente e passou a ser válida. Desta maneira, os benefícios concedidos pela Aneel continuarão por mais 25

anos por meio do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). Essa lei criou ainda o Programa de Energia Renovável Social (PERS), com o intuito de financiar a instalação de geração fotovoltaica e de outras fontes renováveis para consumidores de baixa renda (BECKER, 2022).

Junto com as questões legais, a disponibilidade do recurso solar não é uma constante, visto que apresenta variações com o passar do tempo e de acordo com a localização. Grande parte das variações envolvidas, se deve à geografia terrestre e a seus movimentos astronômicos de rotação e de translação, os quais possibilitam certa previsibilidade do recurso. No entanto, a estas variações é preciso considerar também aquelas causadas por fenômenos climáticos, que são mais difíceis de prever (TOLMASQUIM, 2016).

#### 4.3 POTENCIAL SOLAR

O potencial solar é determinado pelo ângulo de incidência dos raios solares. Assim, é necessário que se conheça os fatores geográficos do município, como a latitude, o ângulo horário, a declinação solar, o ângulo da superfície em relação ao plano horizontal e a direção para a qual se vão colocar os elementos conversores de energia (módulos fotovoltaicos). Ainda de acordo com Freitas (2008) “as relações geométricas que definem a geometria Sol/Terra são: a inclinação da superfície, a declinação solar, a latitude do local, o ângulo azimutal e o ângulo horário” (FREITAS, p. 15, 2008)

No estado do Paraná existem 37 estações meteorológicas automáticas e 22 estações meteorológicas convencionais que são as responsáveis pelo registro das componentes da irradiância solar. Porém, vale ressaltar que os sensores eletrônicos não são calibrados com frequência, o que pode ocasionar em falhas de registro por alguns períodos de tempo bem como a ausência de informações radiométricas precisas (BERUSKI, PEREIRA E SENTELHAS, 2015).

Para que se conheça a disponibilidade de energia solar na região dos Campos Gerais do Paraná, são utilizados modelos matemáticos desenvolvidos para estimar a irradiância global. Esses modelos costumam ser, de maneira geral, restritos às

condições usadas para seu desenvolvimento, assim, apresentam problemas com relação a transferibilidade (BORGES *et al.*, 2010).

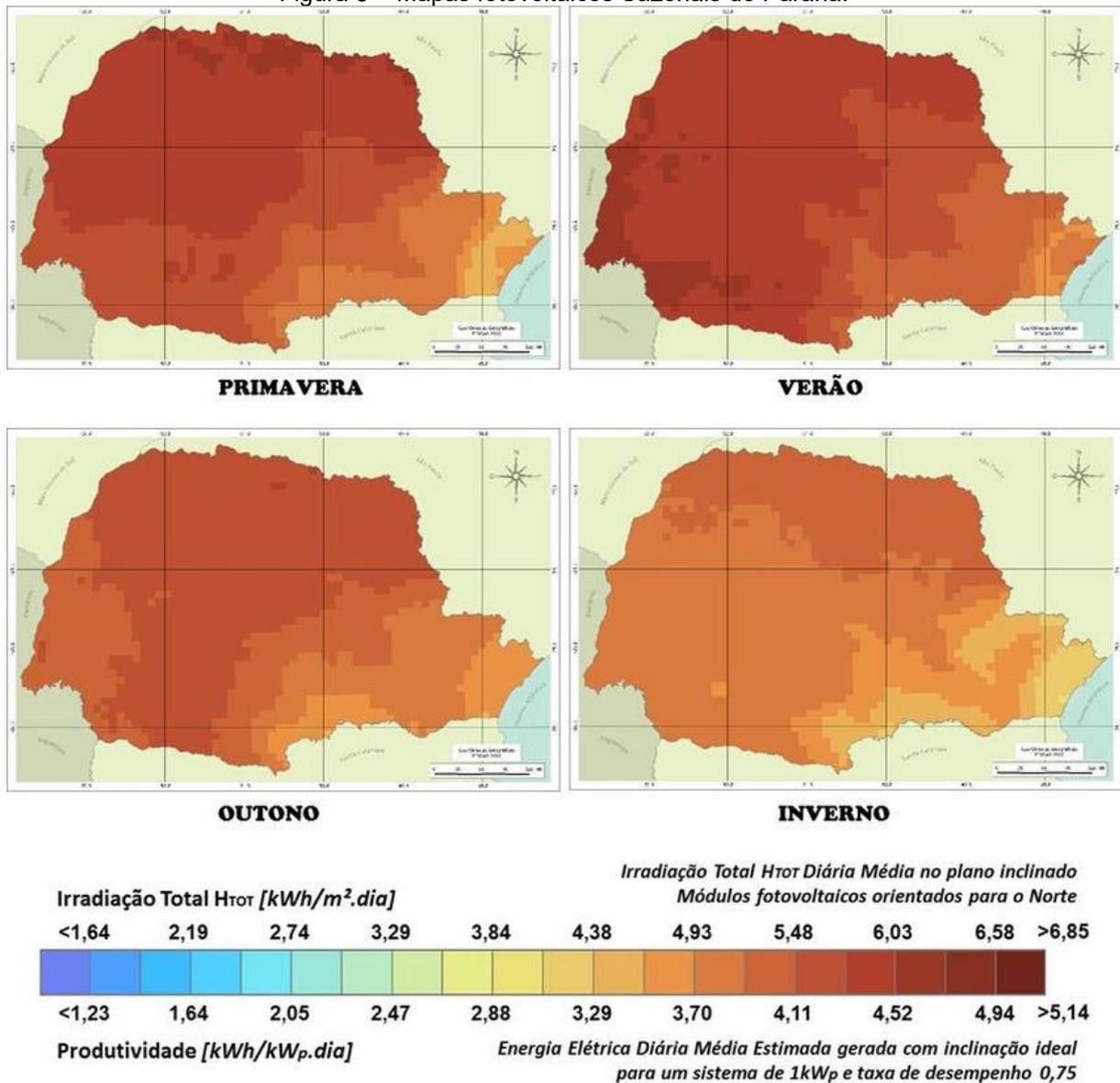
Beruski, Pereira e Sentelhas (2015), em um estudo sobre a transmitância solar global na cidade de Ponta Grossa, obtiveram valores de 0,152 para dias nublados na primavera e no verão e de 0,142 para outono e inverno, já considerado dias ensolarados os valores foram de 0,610 para a primavera e o verão e de 0,622 para outono e inverno. A transmitância solar global consiste na razão entre a irradiância solar global e a irradiância no topo da atmosfera, assim, através dessa medida é possível fazer estimativas sobre a irradiância global para o local analisado e então analisar sobre a viabilidade da instalação de energia solar.

Silveira e Urbanetz Junior (2019) realizaram medições da irradiação em seis cidades localizadas no estado do Paraná, entre elas Ponta Grossa, com os resultados analisaram o potencial para geração de energia. A cidade de Ponta Grossa apresentou valores entre 3,84 e 5,56 kWh/m<sup>2</sup>, ainda de acordo com os mesmos autores, seria possível gerar na cidade energia com variação de 449 e 634 kWh/mês. O que faz com que a cidade seja uma forte potência no que diz respeito a geração de energia elétrica por meio de energia solar.

A Figura 3, apresentada a seguir, mostra mapas do estado do Paraná nas quatro estações do ano e a irradiação que incide sobre o estado.

É possível verificar observando-se a figura que a produtividade para a região de Ponta Grossa, no inverno, que é a pior estação para irradiação, ainda assim encontra-se na faixa cima de 3 kWh/kWp.dia.

Figura 3 – Mapas fotovoltaicos Sazonais do Paraná.



FONTE: TIEPOLO, 2015

#### 4.4. A TECNOLOGIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Para que o efeito fotovoltaico ocorra é necessário que haja materiais de natureza semicondutores que se caracterizam pela presença de bandas de energia em que são permitidas a presença de duas bandas, uma chamada de banda de valência, onde se encontram os elétrons, e a outra chamada de banda de condução, que se encontra totalmente “vazia” (CÂMARA, 2011).

Através do efeito fotovoltaico, a energia existente na radiação proveniente do sol pode ser transformada diretamente em eletricidade. Para que isso ocorra, são utilizadas células fotovoltaicas que consistem em dispositivos feitos de materiais semicondutores que aproveitam esse efeito para produzir eletricidade (ZILLES *et al*, 2012).

De acordo com Severino e Oliveira (2010), o efeito fotovoltaico é gerado pela absorção da luz solar, que faz com que haja uma diferença de potencial (ddp) na estrutura do material utilizado como semicondutor. Complementando os autores, Nascimento (2014) aponta que a célula fotovoltaica por si não é capaz de armazenar energia elétrica, ela somente mantém um fluxo de elétrons em um circuito elétrico durante o período em que houver incidência de luz sobre ela.

Grande parte das células fotovoltaicas atualmente disponíveis no mercado possui silício como material básico para sua fabricação, sendo encontradas nos formatos de silício monocristalino, multicristalino e amorfo, com áreas entre 50 e 150 cm<sup>2</sup> e espessura de 0,2 a 0,3 mm. Materiais orgânicos, translúcidos e plásticos tem sido estudados para esse fim, há ainda o uso de tecnologias de filme fino porém com reduzida escala de comércio (ZILLES *et al*, 2012).

#### 4.4.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Existem três tecnologias utilizadas para a produção de células fotovoltaicas classificadas em gerações de acordo com o material usado e suas características. A primeira geração é composta pelo silício cristalino (c-Si), e essa classe se subdivide em silício monocristalino (m-Si) e em silício policristalino (p-Si). Essa geração é responsável por 85% das placas disponíveis no mercado, isso ocorre pois se trata de uma tecnologia eficiente, consolidada e confiável (CEPEL E CRESESB, 2014).

Considerando-se as aplicações terrestres, os semicondutores utilizados para produzir as células solares fotovoltaicas, destacam-se por ordem decrescente de utilização: o silício cristalino (c-Si), o silício amorfo hidrogenado (a-Si:H ou simplesmente a-Si); o silício do tipo HIT; o telureto de cádmio (CdTe) e os compostos relacionados ao dissulfeto de cobre e índio (CuInSe<sub>2</sub> ou CIS) (CÂMARA, 2011).

A segunda geração é a referente aos chamados filmes finos, ela é dividida em três subclasses: o silício amorfo (a-Si), o disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e

o telureto de cádmio (CdTe). Já a terceira geração, é definida pelo IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) (2014) como as células que permitem a utilização mais eficiente da luz proveniente do sol. Ainda em pesquisa e desenvolvimento, existem as células orgânicas ou poliméricas (CEPEL & CRESESB, 2014).

Em termos de eficiência de conversão fotovoltaica, a tecnologia encontrada no modelo c-Si é a que apresenta maior eficiência, aproximadamente 15% para as que estão disponíveis comercialmente. As tecnologias de filmes finos, por estarem ainda no início de seu desenvolvimento, têm atualmente rendimento em torno de 8% para módulos comerciais (CÂMARA, 2011).

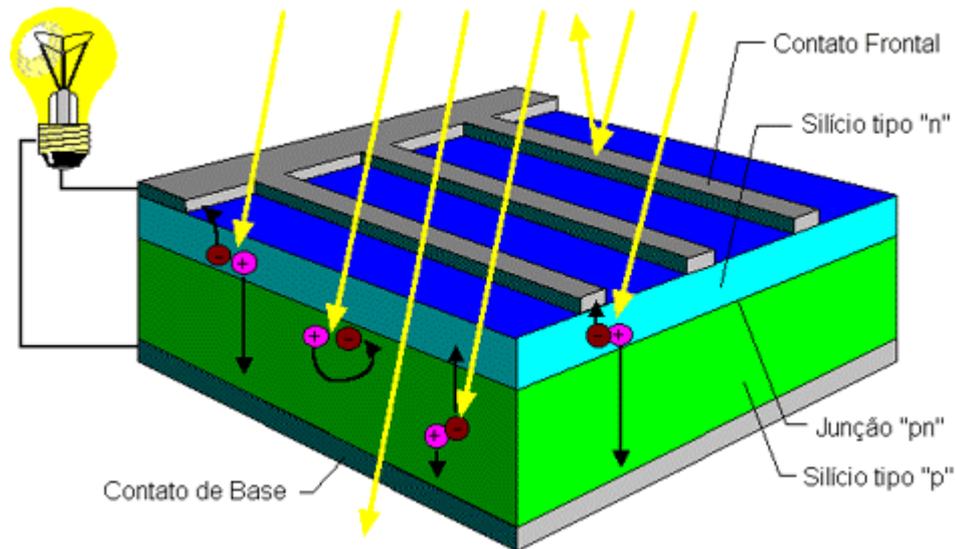
#### 4.4.2 Principais componentes dos sistemas fotovoltaicos

O sistema *grid-tie* é composto basicamente por quatro partes: o painel solar, o inversor solar, o quadro de luz e o relógio de luz bi-direcional. O painel solar reage com a luz do sol e produz a energia elétrica (fotovoltaica), esses são conectados uns aos outros, e então conectados ao inversor solar. “O papel principal do inversor solar no sistema é inverter a energia elétrica gerada pelo painel solar, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA)” (STAL, p. 1, 2018).

O quadro de luz por sua vez faz a distribuição da energia e controla quanto de energia ainda será necessária adquirir da concessionária. Finalmente, o relógio de luz bi-direcional mede quanto de luz foi adquirida e quanto por ventura foi inserida por parte do seu sistema (STAL, 2018).

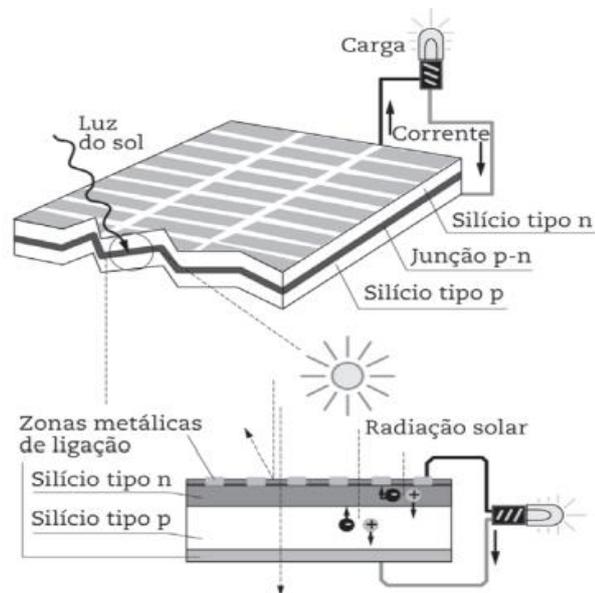
O CRESESB (2021) aponta que o semicondutor mais usado é o silício, seus átomos se caracterizam por possuírem quatro elétrons que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Essa composição com silício é apresentada na figura 4 a seguir com um corte transversal de um módulo fotovoltaico

Figura 4 – Detalhe de corte transversal de um módulo fotovoltaico



FONTE: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=321](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321)

Figura 5 – Representação do processo de conversão fotovoltaico.



FONTE: [https://www.ofitexto.com.br/wp-content/uploads/2017/05/cap.01\\_Sistemas\\_fotovoltaicos.pdf](https://www.ofitexto.com.br/wp-content/uploads/2017/05/cap.01_Sistemas_fotovoltaicos.pdf)

#### 4.4.3 Eficiência elétrica da tecnologia fotovoltaica

Os concentradores fotovoltaicos (CPV) usam lentes ou espelhos para que a energia do sol seja concentrada nas células fotovoltaicas. Fazendo isso há uma redução na área das células requerida para produção da energia elétrica. Sendo as

células, normalmente, a parte mais cara do módulo, esse uso pode proporcionar uma redução significativa no custo da instalação do sistema (SANTOS E COSTA, 2018).

A Copel, concessionária de energia, definiu normas para a conexão de micro e mini geração no sistema de compensação, a Norma técnica Copel (NTC) n. 905200 que tem como objetivo fornecer os requisitos para acesso de geradores de energia elétrica conectados através de unidades consumidoras optantes pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica (micro e minigeradores), instituído pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012. Antes de conectar qualquer gerador no sistema elétrico da Copel é necessário solicitar o acesso e seguir os procedimentos previstos nas normas relacionadas, sob a pena da conexão de gerador sem o consentimento da distribuidora pelos em riscos os profissionais que trabalham na rede elétrica e pode prejudicar o bom funcionamento do sistema elétrico (COPEL, 2021).

Conforme as regras estabelecidas pela Resolução ANEEL nº 482/2012, modificada pelas Resoluções Normativas ANEEL nº 687/2015 e nº 786/2017, é permitido aos consumidores instalar geradores de pequeno porte em suas unidades consumidoras e utilizar o sistema elétrico da Copel para injetar o excedente de energia, que será convertido em crédito de energia válido por 60 meses.

Estes créditos poderão ser utilizados para abater do consumo da própria unidade consumidora nos meses seguintes ou de outras unidades consumidoras que precisam estar previamente cadastradas para esse fim e atendidas pela mesma distribuidora (COPEL), cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, possuidor do mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.

Outra forma para adicionar unidades consumidoras para o abatimento do consumo é através de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou geração compartilhada.

Os sistemas fotovoltaicos interligados à rede elétrica representam atualmente uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão conectadas normalmente as residências. Todo o arranjo existente entre os sistemas deve ser conectado a inversores que fazem a interface com a rede elétrica. Os inversores utilizados devem satisfazer as exigências de qualidade e de segurança para garantir que a rede pública não seja afetada (CÂMARA, 2011).

O mercado oferece imensa variedade de módulos fotovoltaicos, assim para que se faça uma escolha adequada, é preciso que se considere alguns fatores como a qualidade, o tipo de célula solar e questões voltadas para a eficiência, quanto maior o valor da eficiência menor vai ser a área ocupada por kW produzido (FREITAS, 2008).

#### 4.5 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA

A estimativa da energia produzida por um módulo fotovoltaico depende da irradiância efetiva que incide pelas suas células e de sua temperatura de operação. Assim, se faz necessário conhecer esses dados para estimar a produção em cada sistema de placas bem como a escolha do modelo matemático mais adequado para a situação que se está analisando (SEHNEM, 2018).

Uma das formas mais simples de se conhecer a disponibilidade da energia radiante do sol que incide na superfície da Terra é a medida direta através de radiômetros instalados na superfície. A base de dados do Atlas Solarimétrico do Brasil publicado pela Universidade Federal de Pernambuco apresenta um compilado de grande valor científico e que disponibiliza valores históricos medidos de horas de insolação e de irradiância solar global, direta e difusa em localidades espalhadas por todo o território brasileiro.

Na avaliação do recurso solar é necessário que sejam considerados efeitos locais, como a presença de aerossóis atmosféricos. Esses aerossóis constituem um fator importante para a modulação da radiação solar incidente, juntamente com a cobertura de nuvens (INPE, 2017).

Silva (2013) propõe que a estimativa anual da geração de energia elétrica injetada na rede pode ser calculada utilizando-se a seguinte relação:

$$\text{Geração Anual (MWh/ano)} = \text{Pot mód} \times N \times \text{rad sol} \times \text{eficiência global} \times 365 \times 10^{-6}.$$

Onde:

→ Pot mód é a Potência de cada módulo que consiste na potência nominal do módulo selecionado em Wp;

→ N é o número de módulos que é a quantidade de unidades de módulos fotovoltaicos;

→ rad sol se trata do nível médio de radiação solar, ou seja, o nível médio anual de radiação solar do local de instalação, plano inclinado igual à latitude, em horas de insolação máxima ou kWh/m<sup>2</sup>/dia.

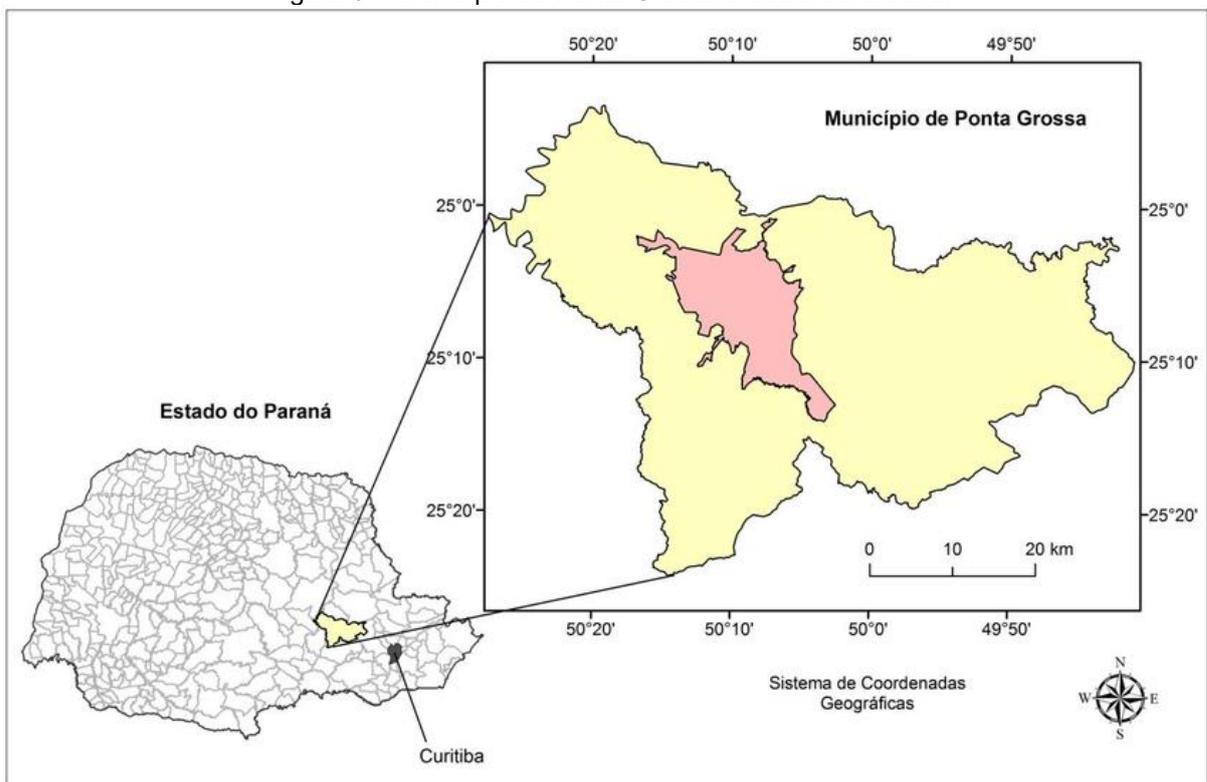
→ Eficiência global: Fator que leva em conta as perdas no módulo fotovoltaico. Valor típico 0,7 a 0,8. Geralmente usa-se o valor de 0,8

Em condições ideais e laboratoriais contando com a tecnologia atual é possível produzir células individuais de cristal de silício, com eficiência superior a 24%. Considerando-se as pesquisas realizadas em campo das células solares, o valor obtido para a eficiência se direciona em torno de 30%. Porém, levando-se em consideração aspectos comerciais, a eficiência é de apenas 13 a 19%, sendo especulados valores próximos aos 24% nos próximos anos (PEREIRA *et al.*, 2017).

## 5. METODOLOGIA

O local escolhido para a realização deste estudo foi a cidade de Ponta Grossa, localizada no Segundo Planalto Paranaense, na região dos Campos Gerais no Estado do Paraná, Sul do Brasil. O município de Ponta Grossa possui aproximadamente 358.838 habitantes, de acordo com a estimativa do IBGE no ano de 2021 (IBGE, 2021) e um Produto Interno Bruto per capita de R\$43.253,34 no ano de 2018 (IBGE, 2018). A Figura 6 apresentada a seguir mostra a localização da cidade no Estado do Paraná e destaca a área urbana dentro do município.

Figura 6 – Município de Ponta Grossa e sua área urbana.



FONTE: Prefeitura de Ponta Grossa (2007).

A principal e única distribuidora de energia elétrica da cidade de Ponta Grossa é a COPEL (Companhia Paranaense de Energia Elétrica), essa empresa é responsável pela administração de mais de 200 mil quilômetros de redes de distribuição espalhadas por todo o estado do Paraná. De acordo com dados coletados em julho de 2021, a COPEL possui 4.003.705 consumidores residenciais espalhados por 394 municípios abrangendo 1.113 localidades compreendendo distritos, vilas e povoados (COPEL, 2021).

Realizou-se uma busca para verificar empresas que realizam instalação de painéis fotovoltaicos na cidade de Ponta Grossa-PR. Através do envio de um questionário para as empresas para que se conhecesse melhor esse mercado e sobre a utilização da energia solar.

O questionário foi elaborado com 20 perguntas que visavam entender sobre o público atendido, sobre a tecnologia utilizada e sobre os fatores envolvidos na instalação dos painéis. O questionário completo encontra-se disponível no Apêndice 1 – Questionário Técnico.

Foram listadas as empresas que fazem o serviço de instalação e manutenção de painéis solares, e que atuam na cidade de Ponta Grossa-PR. Foram encontradas em uma busca pela internet 20 empresas, destas, 13 apresentaram informações sobre contato, telefone ou e-mail. Mas, apenas 5 empresas possuíam representante técnico especialista no assunto na cidade, que vendem o produto e fazem a instalação residencial, que realizam visita técnica inicial a fim de verificar as condições da residência, e finalmente, que trabalham com mais de um fornecedor de painéis e demais equipamentos para a instalação.

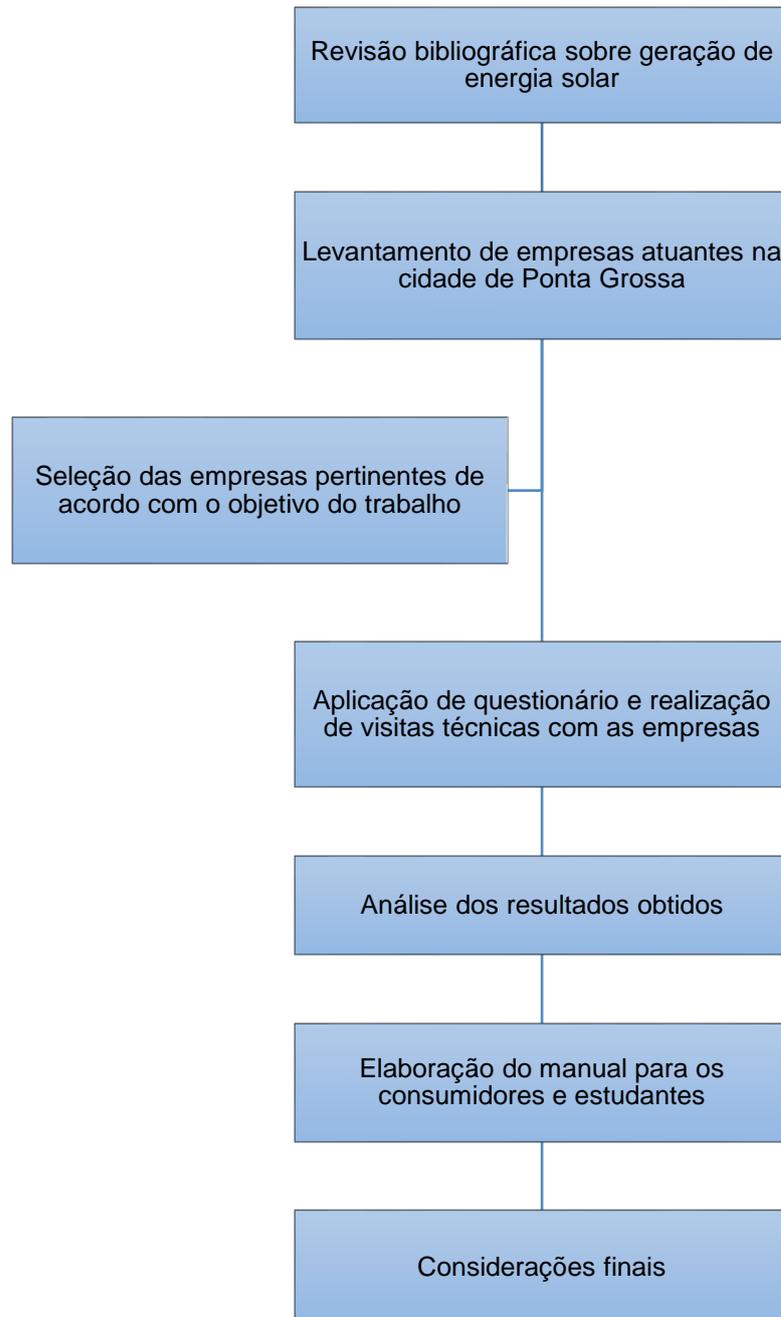
Então, foi entrado em contato com essas empresas, mas apenas 2 delas retornaram e autorizaram o uso dos dados para a pesquisa. Assim, foi possível realizar visita técnica e obter respostas do questionário enviado, além de conhecer a forma de comunicação empresa – cliente no pré-venda de cada uma delas. Foi realizada, também, uma entrevista com os responsáveis técnicos.

Todo material obtido, foi essencial para elaboração do manual, incluindo fotos, informações técnicas, entre outras. O manual foi desenvolvido na plataforma online *Canva*. Este, com foco de instruir a implantação de sistemas fotovoltaicos em residências unifamiliares, com passos de como preparar a residência, seja ela existente ou em fase de projeto, além de apresentar as possibilidades de instalação do sistema e como escolher a melhor alternativa para adotar na sua casa.

A fim de melhorar o entendimento do processo, também foi comparado o consumo de energia elétrica e a tarifa aplicada. Posteriormente, foram analisados os sistemas fotovoltaicos utilizados na construção civil para residências.

O fluxograma apresentado na Figura 7, sistematiza os passos realizados ao longo da concretização deste trabalho:

Figura 7 – Fluxograma dos passos do trabalho.



FONTE: Os Autores (2022)

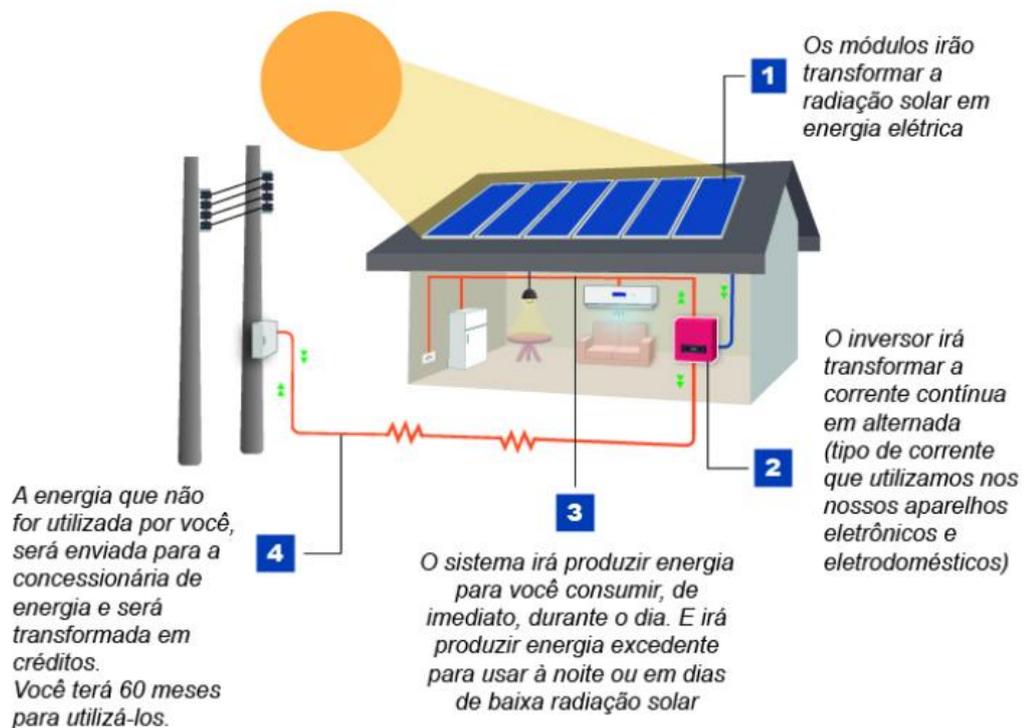
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As empresas que participaram dessa pesquisa tem pelo menos 6 anos de atuação no mercado de energia solar. Ambas as empresas atuam em todo o estado do Paraná. Uma delas atende também nos estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e de Santa Catarina.

Ambas as empresas relataram que existe evolução constante nos equipamentos utilizados no sistema, seja com relação a potência dos módulos e das placas, que hoje possuem melhor aproveitamento do espaço disponível para a instalação do que alguns anos atrás, como, os inversores, utilizados em residências que possuem telhado com mais de uma orientação.

A Figura 8, apresenta o sistema de produção de energia solar com os equipamentos e a função de cada um deles.

Figura 8 – Equipamentos utilizados no sistema de produção de energia solar.



FONTE: material disponibilizado pelo entrevistado B, 2022.

A Tabela 1 - Principais marcas de painéis solares, apresenta as marcas mais utilizadas apontadas pelas empresas. Já com relação aos inversores, as marcas mais utilizadas são ApSystems e a GROWATT. Referente a garantia desses equipamentos, todos possuem garantia de pelo menos 5 anos, podendo chegar até a 25 anos.

Tabela 1 - Principais marcas de painéis solares e seus países de origem

JÁ Solar	China
DAH Solar	China
CANADIAN Solar	Canadá
BYD	China
TRINA solar	China
JINKO	China
SolarTec	Brasil
WEG	Brasil
Hanwha Q CELLS	Coréia do Sul

FONTE: Os Autores (2022)

A China é o país com maior produção de placas fotovoltaicas, isso se justifica pelo fato do mercado chinês ser um grande consumidor de painéis solares, os chineses são responsáveis pelo consumo de mais de 50% da produção global de painéis solares (NASSA, et al, 2021).

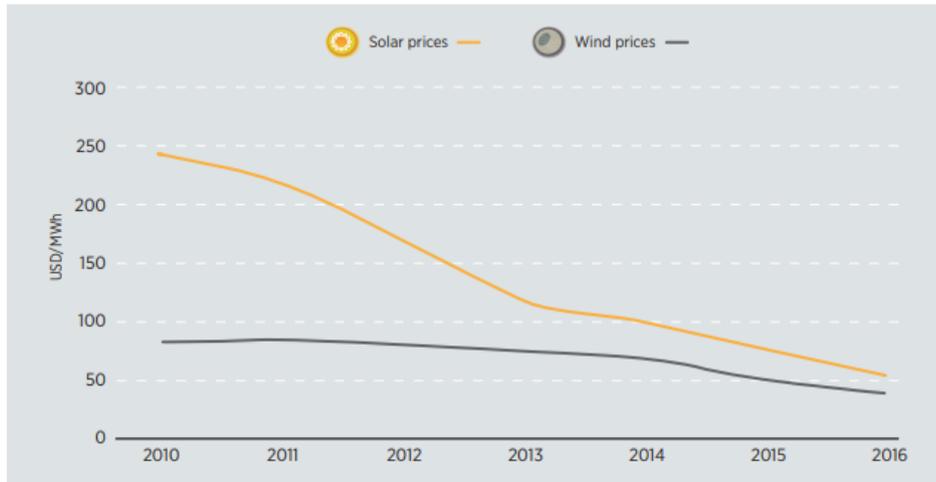
Com relação ao período de retorno para o cliente ao realizar a compra dos equipamentos para geração de energia solar, foi relatado entre as empresas que dependendo do consumo kwh/mês pode chegar entre 4 a 8 anos, sendo maior para residências rurais. Para a instalação, é necessário que se aguarde em torno de 90 dias para que as placas e inversores sejam solicitados e cheguem a seu destino, e de 3 a 5 dias para que o sistema e todos os equipamentos sejam instalados na residência.

Sobre a economia que será obtida com a instalação, ela varia de acordo com a geração de energia mensal, que está sujeita a ter variações de acordo com a época do ano, e com a potência do sistema. Essa economia pode chegar até 100%, ou seja, toda a energia necessária é gerada pelas próprias placas disponíveis, porém, em média, essa economia chega a 95%, visto que a tarifa referente a iluminação pública continua sendo cobrado pela concessionária.

O preço das placas fotovoltaicas vinha sofrendo redução desde a década de 1980, quando passou a ser utilizado, até o ano de 2020. É possível verificar esse

comportamento no gráfico apresentado na Figura 9, feito para o Brasil pelo IRENA, no último relatório apresentado para o país no ano de 2017. A partir do ano de 2020 foi observada elevação nos valores pela escassez de matéria prima por conta da pandemia causada pelo Corona Vírus.

Figura 9 – Gráfico relativo a variação de preço de energia solar e de energia eólica.



FONTE: Relatório disponível pelo IRENA.

De acordo com um dos entrevistados, a manutenção dos painéis solares é bastante simples. Deve ser feita uma limpeza utilizando água corrente e sabão ou detergente neutro com uma esponja macia e não abrasiva. As empresas cobram valores que variam entre R\$300,00 a R\$1.000,00 pra a realização deste serviço. Essa limpeza deve ser realizada anualmente.

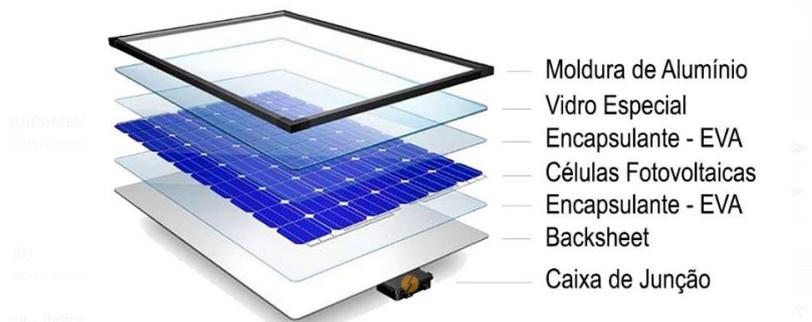
Além da limpeza, é imprescindível que sejam tomados alguns cuidados com o intuito de prolongar a vida útil das placas e dos inversores como o acompanhamento das medidas de corrente e de tensão de operação tanto nos painéis quanto nos inversores. Essa medição pode ser realizada de forma física ou de maneira remota, há ainda a possibilidade de identificação de *hotspots* nos painéis. Alguns cuidados como evitar o acesso a animais devem ser considerados, principalmente se as placas forem instaladas no solo. Com relação aos inversores, não devem ser instalados em local fechado e sem ventilação, visto que isto pode provocar um superaquecimento desse equipamento.

Com relação às variações de condições climáticas e situações climáticas adversas, os painéis atualmente, são bastante resistentes a condições severas, como

geada pela manhã e calor durante a tarde e até mesmo chuva de granizo. As marcas são feitas para serem utilizadas na Europa, onde as condições são bem mais extremas que no Brasil. Cada fabricante tem seu *datasheet* com especificações próprias de cada um.

A Figura 10, mostra as camadas que formam a placa e é possível verificar pela imagem que algumas são formadas por materiais resistentes e que ela possui proteção tanto inferior quanto superior, justificando assim sua resistividade.

Figura 10 – Camadas de um módulo fotovoltaico.



FONTE: material fornecido pelo entrevistado A (2022).

Para que sejam evitados acidentes como a queima de componentes, alguns equipamentos de proteção são utilizados como *string box*. Fazer um aterramento, utilizar DPS (dispositivo de proteção contra surtos), e disjuntores CA (corrente alternada) e CC (corrente contínua), que em caso de curto circuito, eles desarmam antes que o curto chegue até o inversor. O uso de cabos de 4 a 6 mm se faz um cuidado importante ao se utilizar energia solar. A Figura 11 apresenta os cabos e os equipamentos de proteção utilizados em uma instalação residencial.

Figura 11 – Equipamentos de proteção em instalação residencial.

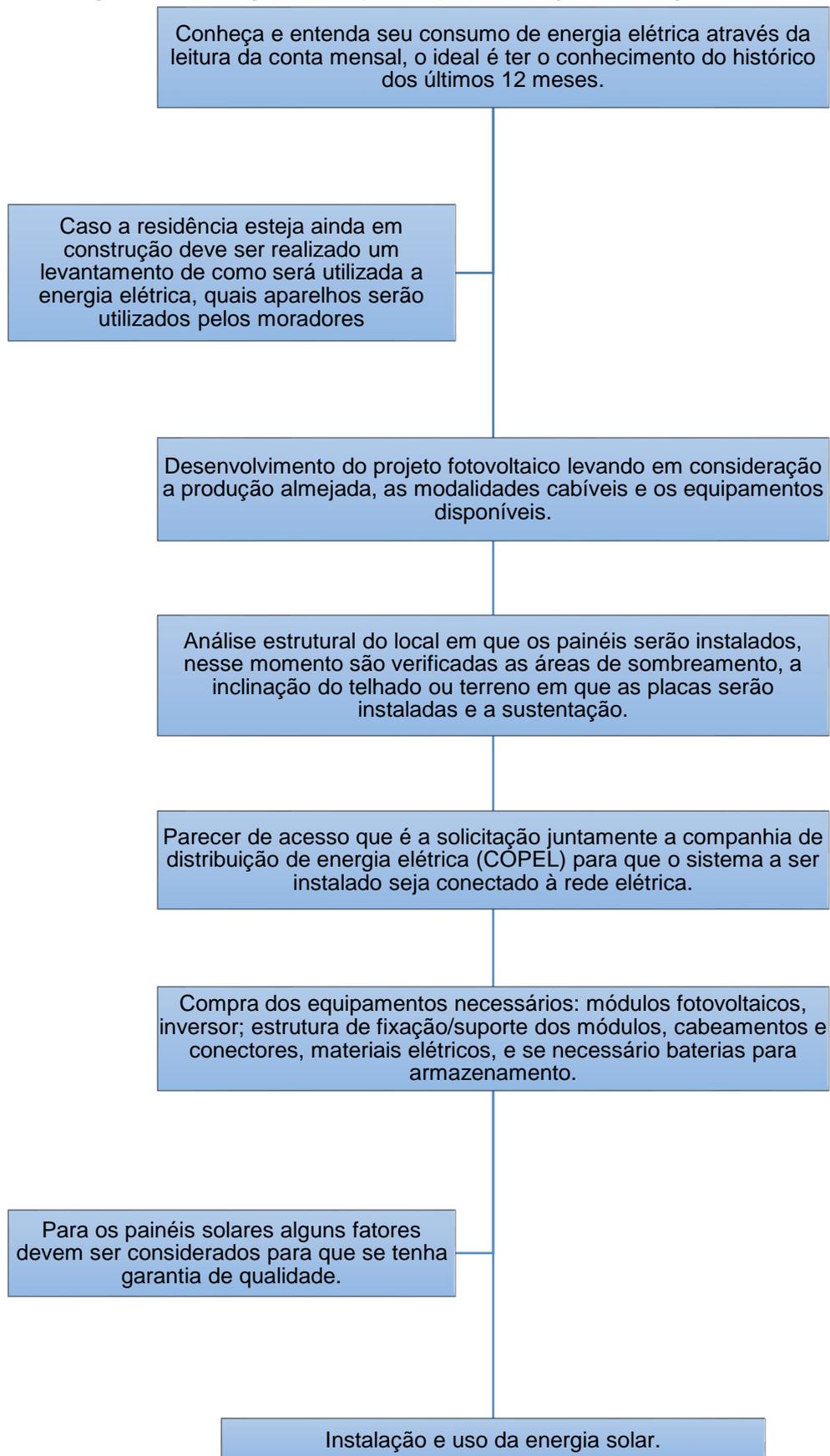


FONTE: material fornecido pelo entrevistado A (2022).

Antes da instalação e de escolher as placas, é preciso que sejam traçados alguns passos. Inicialmente é realizada uma avaliação do histórico anual de consumo, uma observação da fatura de energia elétrica através da análise da conta de luz, que possui o histórico do consumo no último ano (dos últimos 12 meses). Caso seja uma residência ainda em construção, é realizada uma estimativa a partir dos equipamentos a serem utilizados pelos moradores da residência.

Assim, o fluxograma apresentado a seguir, na Figura 12, esquematiza em ordem cronológica os passos a serem realizados para que o consumidor tenha instalada em sua residência, painéis solares, sendo a casa já construída ou não.

Figura 12 – Fluxograma dos passos para instalação da energia solar.



FONTE: os Autores (2022).

Em seguida é feita uma visita técnica a residência a fim de coletar imagens aéreas do imóvel e do seu entorno, para verificar sombreamentos, formato do telhado e suas condições, alturas e área disponível. Os dados são inseridos em *softwares*, estes então calculam a produção de acordo com as condições físicas coletadas.

É realizada também uma análise da rede elétrica disponível no imóvel, observando o quadro de disjuntores e se o padrão de entrada de energia suporta a potência do sistema a ser instalado. É imprescindível que seja verificado se a instalação elétrica da residência está de acordo com o proposto pelas normas vigentes exigidas pela concessionária. Caso o disjuntor existente não possua a potência necessária, será realizado um estudo de rede pela empresa contratada e a concessionária, para avaliação desse atendimento e se haverá custo.

De posse desses resultados, é realizada uma análise do espaço disponível para instalação das placas, considerando a posição em relação ao sol. E a necessidade de instalar junto suportes para as placas.

De maneira geral, é preciso que sejam consultados o Caderno de Normas Técnicas da COPEL, ou da concessionária pertinente, bem como, uma consulta no site da ANEEL para verificar as normas vigentes para instalações em geração distribuída e energia solar.

Após as análises iniciais é necessário que se verifique a incidência solar no local em que os módulos fotovoltaicos serão instalados. Esse cálculo pode ser realizado de forma manual com o uso de planilhas, é possível consultar pelas coordenadas geográficas no site do CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (<http://www.cresesb.cepel.br/>), ou ainda através de *softwares* específicos para geração solar, como por exemplo, o Solergo e o PvSist.

A Figura 13, apresenta a interface do CRESESB para verificação da incidência solar de acordo com latitude e longitude. Para o município de Ponta Grossa/PR, o índice de irradiação Solar é de 110,45 kwh/kwp.

Figura 13 – Interface CRESESB

**Coordenada Geográfica**

**Latitude**  **Longitude**  **Sul** **Oeste**

**Norte:**

graus decimais (00.00°)

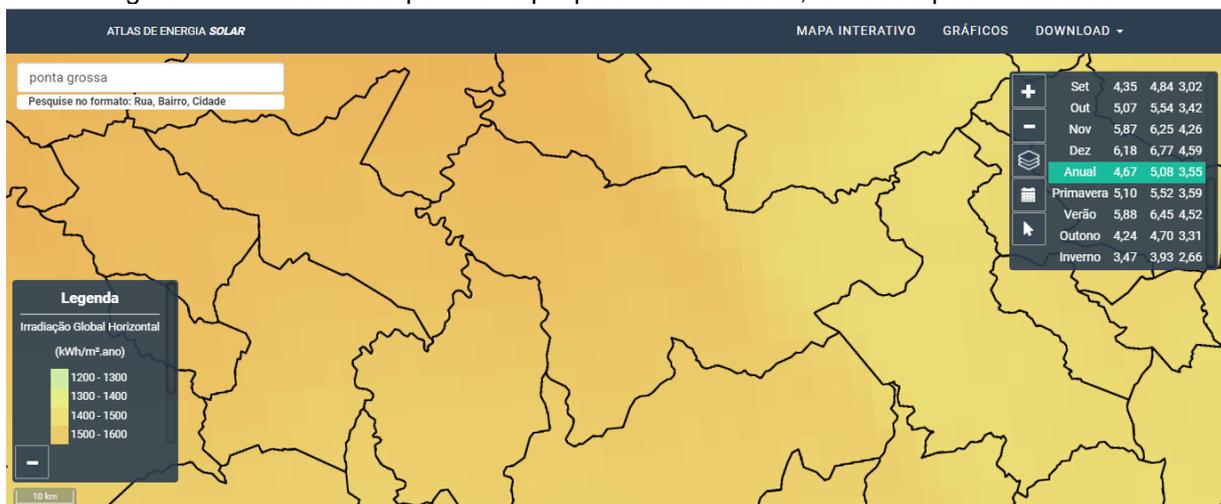
graus, minutos e segundos (00°00'00")

I. Os valores válidos de latitude devem estar na faixa de 12° Norte e 40° Sul e de longitude na faixa de 30° Oeste e 80° Oeste. Em caso de dúvida entre em contato conosco.

FONTE: CRESESB, 2022.

O CRESESB fornece além do exposto, uma tabela e um mapa com dados referentes aos municípios desejados do Paraná. É possível verificar pela plataforma que para o município de Ponta Grossa/PR tem-se o exposto a Figura 14, apresentada a seguir. Esta é um mapa com a irradiação em cada local e ao lado observa-se uma tabela com a indicação da irradiação média, mínima e máxima, respectivamente, de acordo com os meses, na versão anual e também por estações do ano.

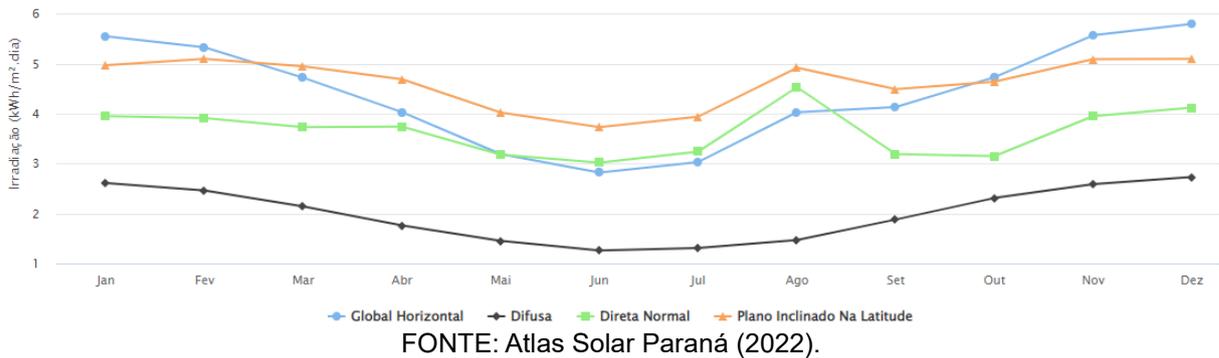
Figura 14 – Análise solar por município para Ponta Grossa, fornecida pelo CRESESB.



FONTE: CRESESB, 2022.

Além da irradiação pelo mapa é possível obter gráficos por município com dados referentes a irradiação média mensal global horizontal, difusa, direta normal e plano inclinado na latitude. A Figura 15 mostra esses dados para a cidade de Ponta Grossa.

Figura 15 – Irradiação média na cidade de Ponta Grossa

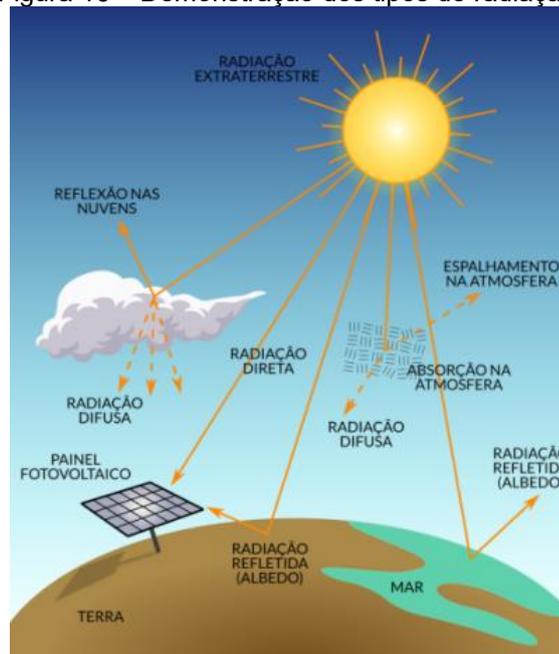


De acordo com o manual do usuário da Atlas Solar, essas medidas são:

- Global horizontal: irradiação incidente em uma superfície no plano horizontal, constituída pela soma das irradiações direta e difusa;
- Direta normal: irradiação incidente em uma superfície perpendicular ao feixe da radiação direta, cuja superfície deve estar acoplada a um dispositivo que acompanhe o movimento do Sol, normalmente denominado de seguidor ou rastreador solar;
- Difusa: irradiação incidente em uma superfície no plano horizontal excluindo-se a irradiação direta (normalmente obtida com a utilização de um dispositivo chamado de Anel de Sombreamento);
- Inclinado na latitude: irradiação incidente em uma superfície com inclinação igual à latitude do local, orientada para o Norte geográfico, constituída pela soma das irradiações direta, difusa e devido ao albedo. (TIEPOLO, G. M. et al, 2017, p. 11)

A Figura 16 mostra esquematicamente essas medidas e como elas são verificadas.

Figura 16 – Demonstração dos tipos de radiação.



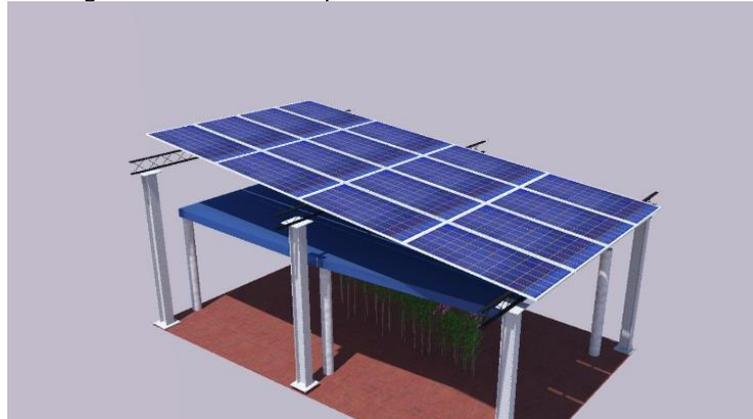
FORNTE: TIEPOLO, G. M., et al, 2017.

Assim, através do conhecimento dessas medidas é possível fazer as estimativas necessárias para adequar o dimensionamento do sistema fotovoltaico a ser instalado.

No que se refere a inclinação ideal para instalação das placas há bastante controvérsia entre as empresas. Foi relatado que a inclinação do telhado é a melhor a ser utilizada, entre 10° e 15°, porém, a maioria dos entrevistados apontou que a inclinação ideal para a região de Ponta Grossa/PR é de 25°. Tecnicamente, a inclinação ideal deve ser a mesma da latitude do local.

Para que a inclinação ideal seja atingida, muitos fornecedores sugerem a utilização de suportes que forneçam a inclinação necessária, é o que mostra a Figura 17 a seguir. Outros apontam que o superdimensionamento do sistema, de forma a gerar mais energia, é uma solução mais cabível.

Figura 17 – Uso de suporte nos módulos fotovoltaicos.



FONTE: material fornecido pelo entrevistado A, 2022.

A quantidade mínima de placas a serem instaladas para que haja produção compatível com residências são quatro módulos/placas com um inversor de 1,5kw. Com esses equipamentos instalados tem-se uma geração média de energia de 183kwh/mês. Esse é o sistema indicado para uma residência unifamiliar popular.

Jesus (2019) aponta que a escolha dos equipamentos deve ser realizada analisando a relação qualidade - preço. De acordo com o autor, a escolha é “influenciada pela eficiência dos painéis e a sua eficiência ao longo do tempo”. Assim, um dos pontos-chave para determinar a qualidade de painéis é sua capacidade de produção ao longo dos anos.

Um sistema fotovoltaico de qualidade deve ser capaz de gerar energia durante um período mínimo de 20 anos, com substituição do inversor a cada 10 anos. É preciso que se considere também que os equipamentos possuem uma degradação fisiológica com relação ao rendimento com o passar do tempo. De acordo com Jesus, essa perda é estimada em cerca de 1% ao ano.

Assim, Jesus (2019) propõe que alguns critérios sejam observados e atendidos na escolha dos painéis solares fotovoltaicos. A seguir, na Tabela 2, é possível ver alguns desses fatores e verificar quais são indicadores de qualidade:

Tabela 2 - Fatores para comparar painéis fotovoltaicos

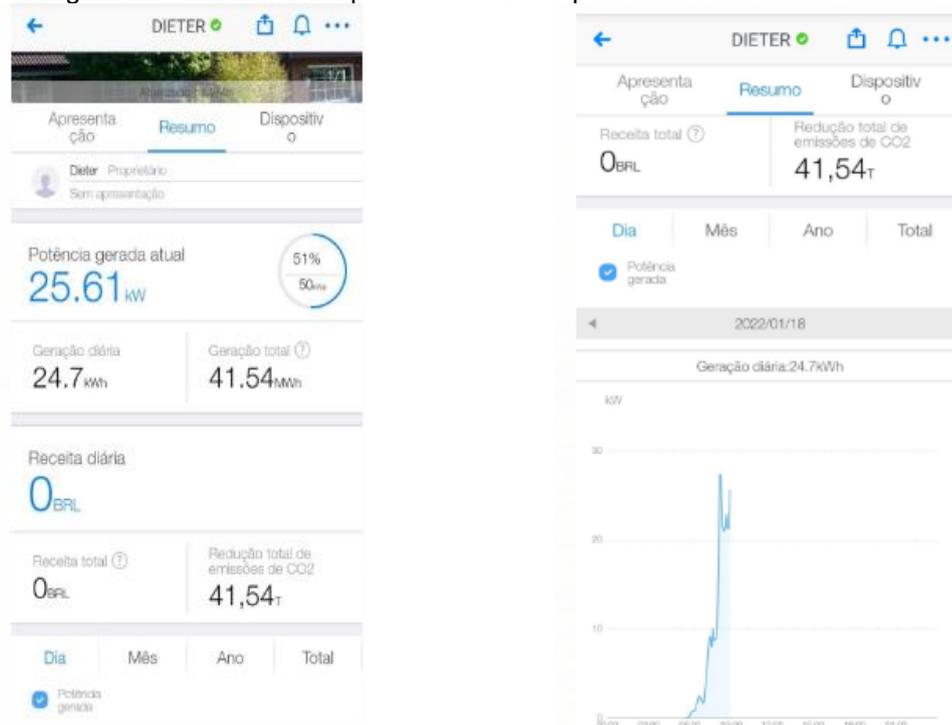
Fator	Valor mínimo	Valor máximo	Indicador de qualidade?
Eficiência (%)	14%	22%	Não
Potência máxima (W)	200 W	315 W	Não
Tensão máxima (V)	28 V	40V	Não
Tipo de tecnologia	Silício monocristalino, silício policristalino silício amorfo		Não
Número de células	60	96	Não
Garantia do produto	5 anos	10 anos	Sim
Garantia de rendimento – 90%	10 anos	12 anos	Sim
Garantia de rendimento – 80%	15 anos	25 anos	Sim
Resistência ao peso	5400 Pa 550 kg/m <sup>2</sup>	8500 Pa 860 Kg/m <sup>2</sup>	Sim
Resistência ao vento	2400 Pa	2400 Pa	Sim
Coefficiente de temperatura (%/°C)	0,20	0,40	Sim
Temperatura de funcionamento	-40 °C	85 °C	Sim
Material	Vidro não temperado		Sim
Material da estrutura	Outro material	Alumínio galvanizado	Sim
Largura do painel (mm)	910 mm	1295 mm	Não
Altura do painel (mm)	1600 mm	1955 mm	Não
Peso do painel (kg)	18 kg	35 kg	Não
Grossura do painel (mm)	30 mm	60 mm	Sim
Assistência técnica	Sem referência	Telefone, e-mail, site, etc	Sim

FONTE: JESUS, 2019.

É possível realizar o acompanhamento em tempo real da produção de energia. O monitoramento da quantidade de energia produzida pelas placas pelo cliente é realizado pelo inversor através de uma antena *wi-fi* instalada juntamente ao kit gerador, para cada tipo de placa de cada fabricante existe uma antena e sua plataforma de monitoramento correspondente.

Um dos aplicativos utilizados para fazer esse monitoramento, fornecido pela SolarTech, é o DIETER, é possível conhecer a interface desse aplicativo observado na Figura 18. O aplicativo apresenta a potência gerada até o momento, considerando a produção mensal e aponta a geração de energia diária. Não há informação sobre consumo.

Figura 18 – Interface do aplicativo fornecido pela SolarTech a seus clientes



FONTE: Material fornecido pelos entrevistados, 2022.

Além desse aplicativo algumas outras opções foram citadas, uma das indicadas e utilizada pelos participantes dessa pesquisa é o aplicativo SolarEdge, com a única desvantagem de estar disponível apenas a versão em inglês. Nessa plataforma, é possível cadastrar os módulos e obter dados referentes a produção diária, mensal e total, desde a instalação das placas. Esse aplicativo tem se mostrado bastante interessante, pois faz análises tanto de produção quanto de consumo energético.

A Figura 19 apresenta duas das interfaces utilizadas nesse aplicativo. O SolarEdge faz comparações anuais e apresenta um gráfico sobre a produção e o consumo por dias do mês:

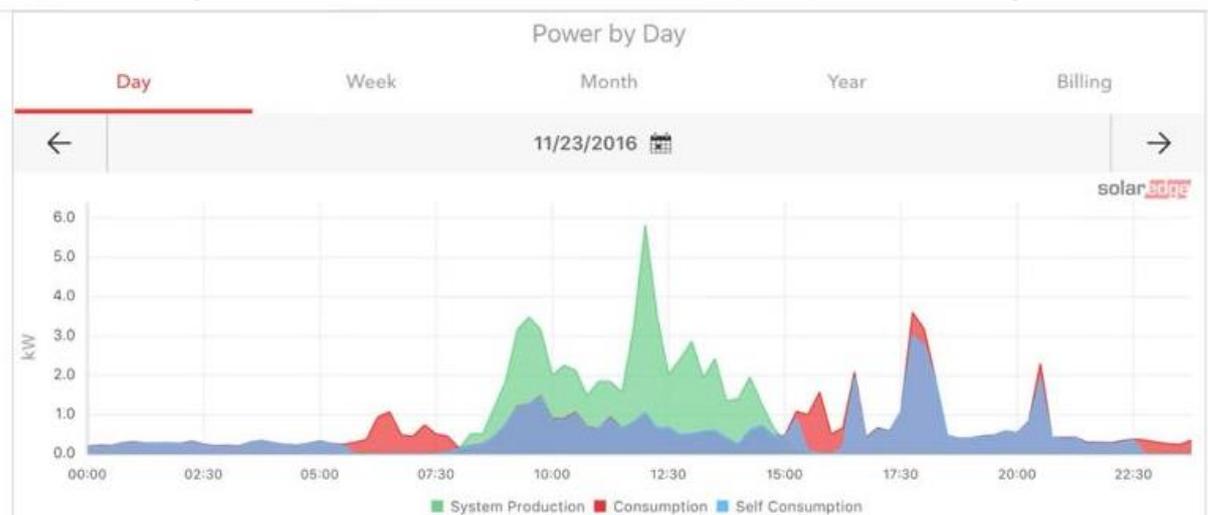
Figura 19 – Interfaces do aplicativo SolarEdge.



FONTE: SolarEdge, imagens de divulgação, 2022.

O fato que merece destaque nesse aplicativo, de acordo com o relatado, se refere ao gráfico apresentado na Figura 20. É possível verificar que o aplicativo faz o balanço por curtos intervalos de tempo, minutos, com relação ao que é produzido pelo sistema instalado, o que está consumido e o que precisa por ventura ser incrementado pela rede.

Figura 20 – Consumo instantâneo apresentado pelo aplicativo SolarEdge.



FONTE: SolarEdge, imagens de divulgação do aplicativo, 2022.

Este monitoramento online pode ser feito por aplicativos nos celulares ou por navegadores em computadores. Atualmente, os dados são armazenados nas plataformas gratuitamente na nuvem durante 25 anos.

Com relação ao uso de baterias, não é indicado seu uso em locais aonde a concessionária fornece a rede elétrica. Pois o tempo de vida útil, a eficiência e o valor de mercado fazem com que seu uso seja inviável atualmente. Considerando áreas isoladas, onde não se tem energia elétrica por rede disponível, seu uso é recomendado para casos emergenciais, não visando retorno financeiro.

Este cenário pode apresentar modificações, de acordo com alterações na norma, onde se tem previsões de ser taxada a energia injetada na rede. Até a publicação deste trabalho a ANEEL não havia se posicionado com relação a taxa a ser utilizada. De posse desse valor, será possível calcular a viabilidade do uso de baterias.

Outro fator que ainda não faz com que o uso das baterias seja viável é a sua manutenção, em média bienal, além do descarte das baterias não ser politicamente correto, existe no mercado inversores híbridos que fariam a mesma função das baterias, porém esses equipamentos ainda não são liberados pela ANEEL.

## 6.1 MANUAL

A elaboração do manual tende a colaborar com a comunidade acadêmica e com a população interessada em obter conhecimento referente à instalação de painéis fotovoltaicos. O manual elaborado é um compilado das informações obtidas ao longo da realização deste trabalho, tanto de revisões bibliográficas, quanto das entrevistas com os responsáveis técnicos.

O manual visa ajudar futuros usuários que venham a ter interesse em gerar sua própria energia elétrica através de painéis fotovoltaicos em suas residências, demonstrando quais os principais pontos a serem seguidos e algumas dicas para tomadas de decisões importantes na hora de escolher seu sistema gerador.

Passo 1: Entender como funciona o processo de produção de energia solar.

Para isso o usuário pode utilizar como base o referencial bibliográfico contido no trabalho apresentado, onde vai ter conhecimento suficiente para entender todo o processo de produção de energia por placas fotovoltaicas visando o melhor aproveitamento de seu sistema gerador.

Passo 2: Escolha de uma empresa especializada para realizar seu orçamento.

Devido ao grande aumento da procura por sistemas de geração de energia fotovoltaicas, várias empresas estão investindo nesse mercado resultando em uma grande variedade de opções para pesquisa e muitas vezes o cliente acaba tendo dificuldades na escolha do seu fornecedor. Uma dica importante é escolher empresas com avaliação positiva através de buscas na internet e que possua uma certa credibilidade com experiência na área de atuação.

A empresa escolhida vai inicialmente solicitar uma fatura da concessionária para realizar um cálculo de dimensionamento através do seu consumo médio anual. Para isso, a maioria das empresas utilizam *softwares* específicos que vai analisar a incidência de radiação solar na sua região, assim como, possíveis obstáculos que possam interferir na produção de energia fotovoltaica. Muitas empresas realizam o dimensionamento através de fotos ou imagens de sua residência mapeadas pela na internet, sendo um problema quando essas imagens são diferentes cenário atual do imóvel.

Pode ser que a residência tenha árvores de grande porte ao seu redor, edificações vizinhas altas, platibandas altas que escondem o telhado ou qualquer outra interferência na irradiação solar da sua residência. Uma dica importante é sempre solicitar que um técnico da empresa realize uma visita técnica na residência, para verificar a real situação em que o imóvel se encontra atualmente, assim possibilitando um dimensionamento real e confiável na hora de fazer o orçamento.

Nessa visita o técnico já vai verificar quais as condições do seu imóvel para a instalação do sistema e verificar alguns pontos importantes como o quadro geral de distribuição, e o relógio de medição da concessionária e se necessário a troca de algum equipamento já colocar os custos no orçamento para que o cliente não tenha nenhuma surpresa com custos extras após o fechamento do orçamento.

### Passo 3: Escolha dos equipamentos para produção de energia

Após a visita técnica, a empresa já tem os dados necessários para passar um orçamento real e poder indicar as melhores opções de placas e inversores para sua residência. Existem diversos tipos de placas, com tamanhos diferenciados e diferentes eficiências, contudo o técnico deve analisar o espaço útil do seu telhado para decidir qual placa e inversor deve utilizar na sua residência, buscando sempre o melhor custo benefício.

### Passo 4: Dimensionamento final

Após a análise técnica realizada, a empresa escolhida já tem todos os dados importantes para passar ao cliente um dimensionamento que atenda às necessidades da residência e um valor real, com dados concretos sobre o tempo de retorno do investimento, assim como as formas de pagamento ou financiamento oferecidas pela empresa. As taxas de financiamento variam, dependendo do banco ao qual o financiamento é realizado sendo que cada banco trabalha com taxas e número de parcelas diferenciados podendo oferecer ao cliente um período de até 120 vezes para pagamento do equipamento.

Sendo assim, o sistema de geração de energia fotovoltaico hoje não seria mais considerado um custo e sim um investimento sendo que o sistema tem um período de retorno de curto prazo sendo mais indicado para clientes que gastam acima de R\$300,00 por mês em energia elétrica na cidade de Ponta Grossa – PR, conforme o estudo de campo foi realizado. Outro fator relevante seria que após a implantação do sistema sua residência também tem um valor comercial acrescido podendo variar de 3% até 6% do valor total do imóvel.

### Passo 5: Solicitar acesso à rede pública de distribuição

Este último passo é realizado pela empresa contratada, onde a empresa precisa fornecer alguns documentos importantes do projeto para a concessionária liberar a instalação do seu sistema gerador de energia. Por isso é importante se certificar que a empresa tenha boas referências e capacidade de cumprir todas as exigências legais que permitam a instalação em sua residência.

Agora se o imóvel estiver em fase de projeto, deve-se tomar alguns cuidados para que o sistema de geração de energia fotovoltaica tenha um melhor

aproveitamento. A pessoa responsável pela elaboração do projeto deve ser informada que o imóvel vai possuir esse tipo de sistema afim de seguir alguns requisitos importantes para implantar o sistema.

#### - Posicionamento e inclinação do telhado

O fator mais importante para a produção de energia fotovoltaica é o posicionamento do telhado, sendo que o sol nasce no Leste e se põe a Oeste com inclinação ao Norte. Sendo assim se o telhado estiver posicionado ao Norte seria o cenário ideal pois não haveria incidência de sombras durante o dia e a produção de energia ocorreria o dia todo durante a incidência dos raios solares e o pior cenário possível seria o telhado na posição Sul, onde teria a mínima incidência dos raios solares e conseqüentemente menos produção de energia.

A inclinação ideal do telhado segundo as empresas entrevistadas seria de 25°. O Engenheiro ou Arquiteto responsável pelo projeto deve manter a inclinação mais próxima possível visando o melhor aproveitamento para produção de energia. Apesar das placas possuírem regulagem de inclinação, o ideal seria seguir a mesma inclinação do telhado para um conforto visual do ambiente instalado.

#### - Fachada do telhado

Deve-se evitar o uso de platibandas altas com intenção de esconder o telhado. A platibanda é um ótimo recurso para esconder a estrutura do telhado e deixar um visual mais moderno e bonito em residências, porém pode ser tornar um empecilho e atrapalhar a produção de geração de energia fotovoltaica devido as sombras no telhado causadas pela sua estrutura.

#### - Dimensionamento do Telhado

Deve-se projetar uma área útil no telhado que comporte o número ideal de placas segundo um consumo estimado de energia elétrica. Para isso deve-se ficar atento a área do telhado preferencialmente posicionada ao Norte.

#### - Espaço para o inversor

Quanto mais próximo o inversor estiver do quadro geral de energia melhor para sua manutenção e segurança. Para isso deve-se deixar um espaço destinado a instalação do inversor próximo ao quadro. Também é necessário projetar os eletrodutos que precisam passar fiações que vem do telhado até o inversor.

Assim, de maneira a facilitar o entendimento do consumidor e a disseminar informação científica para a população, tem-se no Apêndice 2, o manual elaborado com informações pertinentes aos interessados. Esse manual deve ser utilizado como material complementar tanto pela comunidade acadêmica quanto pela população de maneira geral.

## 7. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada nesse trabalho teve como base a realidade da cidade de Ponta Grossa - Paraná. Município localizado na região Sul, uma das regiões onde a incidência dos raios solares é menor, se comparada a outras regiões do Brasil localizadas próximas da linha do equador. Apesar dessa condição, os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, tendo em vista que a viabilidade para instalação de painéis solares é positiva, ou seja, é aconselhado o investimento para a instalação de geradores fotovoltaicos em residências na cidade estudada.

Tendo em vista que o cenário mundial tem se voltado cada vez mais para o uso de fontes renováveis e que o uso de energia elétrica é crescente, é preciso que tenha fontes que se voltem para os cuidados com o meio ambiente, à redução de gases de efeito estufa, à redução do aquecimento global e aos fatores econômicos. Além desses aspectos, o Brasil, que tem nas usinas hidrelétricas sua principal fonte de energia elétrica, tem se deparado com uma redução de disponibilidade de recursos ambientais ocasionando desgaste em todo o sistema elétrico. Nesse caso, no uso da energia solar é uma grande esperança com a inserção da geração distribuída na matriz energética.

Cada vez mais o mercado brasileiro tem-se mostrado promissor na geração de energia fotovoltaica, mostrando-se crescente na procura pelos consumidores, com tendência a se tornar a principal fonte de geração de energia nas próximas décadas, ultrapassando a matriz hidrelétrica, que hoje é a principal fonte de geração de energia do país. O avanço tecnológico dos equipamentos utilizados tende a cada vez mais aperfeiçoar a produção de energia solar e viabilizar uma maior demanda ao mercado interno.

Espera-se que o manual elaborado, através desse trabalho, seja consultado por pessoas leigas no assunto que pretendem instalar o sistema em suas residências, assim como, profissionais de engenharia e arquitetura que projetam os sonhos dos clientes.

O manual apresentado mostra os principais fatores a serem considerados na hora de implantar geradores fotovoltaicos residenciais ajudando e incentivando as pessoas a aderir a esse tipo de produção de energia. Sendo justificável por questões de viabilidade financeira, ou por uma preocupação com o modelo sustentável que visa

menor agressividade ao meio ambiente oferecendo melhor qualidade de vida as futuras gerações.

Este trabalho é contributivo no campo científico para que informações técnicas sejam disponibilizadas para consumidores interessados. Além do conhecimento da realidade da região dos Campos Gerais, e nos preparou para atuar no mercado de trabalho que logo seremos incluídos.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - **Energia Fotovoltaica em 2020 no Brasil**, 2020.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Resumo Geral dos Novos Empreendimentos de Geração/Agência Nacional de Energia Elétrica** - Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração. Brasília: ANEEL, 2015.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Resumo Geral dos Novos Empreendimentos de Geração/Agência Nacional de Energia Elétrica** - Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração. Brasília: ANEEL, 2016.

ALBUQUERQUE, B. P.; **As relações entre o homem e a natureza e a crise socioambiental**. Rio de Janeiro, RJ. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2007.

BECKER, M.; **Lei institui marco legal da micro e minigeração de energia**; Câmara dos deputados/Brasil; 2022. Disponível em: <  
<https://www.camara.leg.br/noticias/843782-lei-institui-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-de-energia/>>.

BERUSKI, G. C.; PEREIRA, A. B.; SENTELHAS, P. C.; **Desempenho de diferentes modelos de estimativa da radiação solar global em Ponta Grossa-PR**; Revista Brasileira de Meteorologia, v.30, n.2, 205 - 213, 2015.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; PAMPONET, B. M.; **Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz**

**das Almas, Bahia.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 1, p. 74-80, 2010.

BRASIL; EPE - Empresa de Pesquisa Energética; **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira.** Rio de Janeiro, maio/2014 (Nota Técnica). Disponível em: [http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos\\_23/NT\\_EnergiaSolar\\_](http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_)

BRASIL. **Matriz Energética:** Brasil deve integrar Top 20 em energia solar em 2018.

CÂMARA, C. F.; **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;** Pós Graduação em Formas Alternativas de Energia (monografia); 68p.; Lavras/MG; 2011.

CEPEL (CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA); CRESESB (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO); **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.

COPEL. NTC 905200. **Acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da COPEL (com compensação de energia).** Revisão Abril//2021. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-distribuicao/poder-publico/micro-e-mini-geracao/>. Acesso em 12 set 2021.

DACHERY, J. M.; et al; **Energia hidrelétrica: principal fonte energética do país e a UHE Foz do Chapecó.** Unoesc & Ciência, Joaçaba, v. 1, n. 1, p.31-38, jun. 2010.

EPE; **Eficiência Energética;** disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica>.

FLÓREZ, J. S.; **A Energia Renovável é o Futuro**; Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe Departamento de Geodésia - IG/UFRGS. Porto Alegre. 2010.

FREITAS, S. S. A.; **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**; Dissertação para obtenção do título de mestre em Engenharia Industrial - Ramo Engenharia Eletrotécnica; 2018.

GIL, A. C.; **Métodos e técnicas de pesquisa social**; 5<sup>a</sup>. ed.; São Paulo/SP: Atlas, 2007.

GORE, A.; **Nossa escolha**: um plano para solucionar a crise climática. Our choice: a plan to solve the climate crisis. Barueri, SP: Manole, 2010.

IEA - International Energy Agency. **Solar Energy Perspectives**. OECD/IEA. Paris, França. 2011.

IEEE (INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS); **Energia solar fotovoltaica de terceira geração**. 2014.

IMHOFF, J.; **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (Mestrado), Santa Maria/RS; 146 p.; 2007.

LIMA, J. S.; **Energia Solar Fotovoltaica**: estudo de viabilidade técnica-financeira de implantação de sistema de geração de energia fotovoltaica para o Centro de Ciências Agrárias e Ambientais - CCAA, na cidade de Chapadinha - MA; Curso de Engenharia Agrícola; Maranhão/UFMA; 2019.

MAZZUCATO, M.; **O estado empreendedor**; 1<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MESSENGER, R.; VENTRE, J.; **Photovoltaic Systems Engineering**. 2. ed. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.: CRC Press, 435 p., 2005.

MORAIS, L. C.; **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras**. 127 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2015.

MOREIRA JÚNIOR, O.; SOUZA, C. C.; **Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha**; INTERAÇÕES, Campo Grande, MS, v. 21, n. 2, p. 379-387, abr./jun. 2020.

NASCIMENTO, C.; **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (Mestrado), Lavras/MG. 23 p.; 2017.

NASCIMENTO, C. A.; **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Lavras, 2014.- Pós-Graduação em Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, 2014.

PAULO, E. E. O.; COELHO, J. M; **Gestão de resíduos sólidos na construção civil**; Revista Espacios; Vol. 38 (N° 18). Pág. 31; 2017.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RUTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G.; **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2<sup>a</sup> ed. São José dos Campos/SP: INPE, 2006.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A.; **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**; CEPTEL-CRESESB; Rio de Janeiro/RJ; 2014.

PIOVESAN, E.; **Câmara aprova marco legal dos micro e minigeradores de energia**; Câmara dos Deputados/Brasil; 2011. Disponível em: < <https://www.camara.leg.br/noticias/796186-camara-aprova-marco-legal-dos-micro-e-minigeradores-de-energia/>>.

Projeto “A carta do sol”; **Relatório técnico**; Subsídios para o planejamento da promoção da energia solar fotovoltaica no Brasil. Rio de Janeiro/RJ, 19 de agosto de 2011.

RIBEIRO, M.; RESENDE, A.; DALMÁCIO, F.; **Uma Análise Multidimensional dos Projetos Brasileiros de MDL - Mecanismos de Desenvolvimento Limpo**. Revista de Contabilidade da UFBA, v. 2, n. 1, p. 14 - 29, 2008.

SALES, T. R. R.; **O uso da energia solar nas obras civis: um estudo sobre o aquecimento de água por sistema de coletores solares em edifícios residenciais**; Trabalho de Conclusão de Curso; Curso de Engenharia Civil; Universidade do Sul de Santa Catarina; Palhoça/SC; 2017.

SANTOS, H. F. L.; COSTA, P. V. M.; **Concentradores fotovoltaicos: uma tecnologia em declínio?**; VII Congresso Brasileiro de Energia Solar -Gramado, 17 a 20 de abril de 2018.

SEVERINO, M.; OLIVEIRA, M.; **Fontes e Tecnologias de Geração Distribuídas para Atendimento a Comunidades Isoladas**. Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas, ano 1, p. 265-322, 2010.

SILVA, J. V. C.; **Pré-dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica para a universidade do sudoeste da Bahia, campus de Itapetinga**. Universidade de Lavras- MG, 2013.

SILVA, R. M. da; **Um Modelo para Análise da Sustentabilidade de Fontes Elétricas** - Tese de doutorado em Administração, da Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, Programa de Pós-Graduação em Administração - PROPAD, Recife, 2011.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.; **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3<sup>a</sup>. ed.; Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.

SILVEIRA, C. O.; URBANETZ JUNIOR, J.; **Estimativa de desempenho de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em diferentes regiões no Paraná**; Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol.xx: e00000000, 2019.

SIMIONI, O.; **Planejamento Energético no Brasil: o desprezo às opções sustentáveis**; p. 315. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ; Centro de Estudos Rurais e Ambientais do Paraná - Departamento de Ciências Sociais Programa de Pós-Graduação em Sociologia; 2007.

STAL, E. E.; **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**; Manual Engenharia; 2018.

TIEPOLO, G. M.; **Potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Paraná - Resultados parciais**; Reserch Gate; 2016.

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONCALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R.; **Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná**. 1ª Edição. Curitiba: UTFPR, 2017.

TOLMASQUIM, M. T.; **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica** / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). - EPE: Rio de Janeiro. 2016. 452p

VIANA, T. S.; RUTHER; R; MARTINS, F. R; PEREIRA, E. B.; **Assessing the potencial of concetrating solar photovoltaic generation in Brazil with satélite** - derived direct normal irradiation. Solar Energy, v.85; p.486-495, 2011.

WEO - World Energy Outlook. **Presentation to the press London**, 12 November 2012.

ZABOTTO, A. R.; **Estudos sobre impactos ambientais: Uma abordagem contemporânea**; FEPAF, 2019.

ZILLES, R. MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S. H. F.; **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**; São Paulo: Oficina de Textos; Coleção aplicações da energia solar fotovoltaica - 1; 2012.

## APÊNDICE 1 – Questionário Técnico

### Questionário técnico

#### Universidade Estadual de Ponta Grossa - Engenharia Civil

#### Estudo de instalação de placas fotovoltaicas em residências unifamiliares

Empresa:

Nome do Representante Técnico:

- 1) A quanto tempo a empresa atua na área de fornecimento e instalação de placas fotovoltaicas?
- 2) Durante esse período tiveram muitas mudanças em relação aos equipamentos devido ao avanço tecnológico dos equipamentos utilizados?
- 3) Quais os principais equipamentos mais vendidos e utilizados pela empresa e qual a garantia fornecida pelos fabricantes?
- 4) Em média, qual o período de retorno para o cliente ao comprar e instalar os equipamentos em sua residência?
- 5) Qual a média de economia de energia elétrica que o cliente consegue com a concessionaria após a instalação dos equipamentos?
- 6) Com o aumento da procura por essa tecnologia atualmente a expectativa é que os valores aumentem ou diminuam com o passar dos anos para a instalação desses equipamentos?
- 7) Como é feita a manutenção dos equipamentos em relação ao tempo de uso? Quanto custa a manutenção?
- 8) Os painéis solares são resistentes a condições climáticas severas, como por exemplo, geada pela manhã e calor durante a tarde e chuva de granizo?
- 9) Existe algum método para aumentar a vida útil dos equipamentos utilizados?
- 10) Existe algum equipamento de proteção para evitar acidentes como queima dos componentes, devido a um curto circuito?

- 11) Para uma residência de porte médio de 100 metros quadrados, quanto tempo demora para realizar a instalação completa dos equipamentos?
- 12) Existe algum critério em relação a concessionaria para a instalação desse sistema?
- 13) Como a empresa avalia a incidência dos raios solares na residência para a viabilidade de instalação?
- 14) Existe uma inclinação ideal para melhor captar os raios solares e otimizar a produção de energia?
- 15) É possível instalar as placas com uma inclinação diferente do telhado para melhor rendimento da produção de energia?
- 16) Como a empresa avalia a residência para passar um orçamento para o cliente em relação ao tamanho, consumo e incidência solar?
- 17) Como o cliente pode monitorar a quantidade de energia produzida pelas placas?
- 18) Existe diferença para a produção de energia solar em relação aos períodos em diferentes estações do ano?
- 19) Qual o tamanho médio necessário para a instalação desse tipo de sistema em relação ao consumo mensal de uma residência unifamiliar?
- 20) Hoje é viável economicamente o cliente investir em baterias para reservar a energia produzida?

## APÊNDICE 2 – Manual para os consumidores sobre instalação de energia solar



FONTE: Os Autores (2022).



FONTE: Os Autores (2022).

## Fatores Relevantes

1

ENDEREÇO DE  
INSTALAÇÃO;

2

CONDIÇÕES DE  
SOMBREAMENTO;

3

INCLINAÇÃO E  
ORIENTAÇÃO DO  
TELHADO;

4

CONSUMO DE ENERGIA NA SUA  
RESIDÊNCIA EM KWH/MÊS;

5

ESCOLHA DE UMA  
EMPRESA  
ESPECIALIZADA.



FONTE: Os Autores (2022)

## ENDEREÇO DE INSTALAÇÃO

O Brasil no geral tem uma incidência solar bem favorável. A região Sul, apesar de ser a mais fria, recebe mais insolação que vários países que adotam sistemas fotovoltaicos como principal sistema de geração de energia.



FONTE: Os Autores (2022).

## CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO

Se no entorno da residência tiver árvores ou construções altas, ou ainda, se a altura da platibanda sombrear o telhado, o sistema pode ser ineficaz e até mesmo inviável.

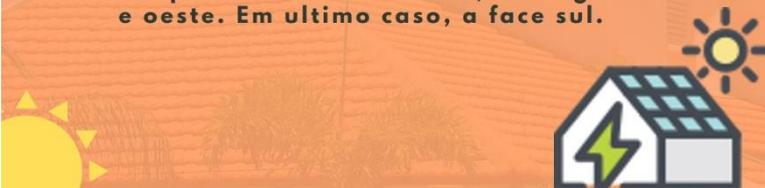


FONTE: Os Autores (2022).

## INCLINAÇÃO E ORIENTAÇÃO DO TELHADO

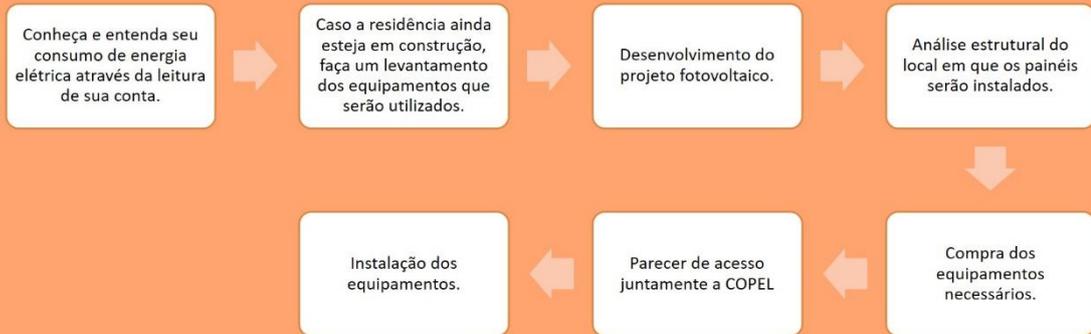
A inclinação ideal varia de acordo com a latitude local. Especificamente para a cidade de Ponta Grossa (PR) essa inclinação é de 25°.

Com relação a orientação para a instalação das placas, a face norte é a ideal pelo maior tempo de incidência solar, em seguida a leste e oeste. Em ultimo caso, a face sul.



FONTE: Os Autores (2022).

## Passo a passo



FONTE: Os Autores (2022).

A imagem mostra uma lâmpada LED branca em primeiro plano, sobreposta a uma planilha de cálculo. A planilha contém um gráfico de barras com o eixo Y rotulado 'Avg KWH P' e o eixo X rotulado 'F M A'. O gráfico mostra três barras com alturas correspondentes aos valores 14,5, 21,7 e 28,9. Outros valores no eixo Y incluem 7,2, 0,0, 36,2, 43,4, 50,7, 57,9 e 65,2. Há também uma seção de texto na planilha que menciona 'KWH x 000390' e '5%'.

## CONSUMO DE ENERGIA NA SUA RESIDÊNCIA EM KWH/MÊS

O consumo de energia em kwh/mês determina o dimensionamento de placas e inversores para a geração de energia. Se sua residência ainda está na fase de projeto, você pode identificar o consumo mensal através da quantidade de equipamentos elétricos que você pretende colocar, assim como o consumo de energia de cada um deles.

FONTE: Os Autores (2022).

**COPEL** Copel Distribuição S.A.  
 Rua Voluntários da Pátria, 159 - Centro - Curitiba - PR - CEP 81202-240  
 Fone: (41) 308-9000 Fax: (41) 308-9100 e-mail: atendimento@copel.com.br

www.copel.com  
 0800 51 00 116

Mês de referência: **Dezembro/2021**  
 Unidade Consumidora: [ ]  
 Vencimento: **10/01/2022**  
 VALOR A PAGAR: **R\$ 245,71**  
 FAT-01-20212373942719-89

Responsabilidade da Manutenção de Rede Pública: Município 156

**ALERTA: ECONOMIZE ENERGIA. BRASIL EM BANDEIRA DE ESCASSEZ HÍDRICA**

Informações Técnicas

Nº Medidor: - BIFÁSICO

Letura Anterior	Letura Atual	Medida	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Emissão	Próxima Letura Prevista
18/11/2021	5462	29 kWh	1	210 kWh	7,24 kWh	21/10/2021	18/01/2022

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Di. Paga.	Valor
11/2021	186	06/10/2021	228,50
10/2021	231	10/11/2021	262,82
09/2021	0		
08/2021	0		
07/2021	0		
06/2021	0		
05/2021	0		
04/2021	0		
03/2021	0		
02/2021	0		
01/2021	0		
12/2020	0		

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 229.856.174 - SÉRIE B  
 Emissão em 21/10/2021

Produto	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base ICS	Alíq. ICS
ENERGIA ELÉTRICA CONSOMIDA	kWh	210	6,890000	1446,30	1446,30	10,30%
ENERGIA COM B. ESCASSEZ HÍDRIC	kWh	0		0,00	0,00	45,30%
ICMS ALÍQUOTA PÚBLICA MUNICÍPIO					93,80	

Base de Cálculo do ICMS: 286,70 | Valor ICMS: 46,75 | Valor Total da Nota Fiscal: 303,25 | Retenções em Fio: [ ]

Reaviso de Vencimento

Unidade Consumidora: [ ] | Mês: 12/2021  
 Vencimento: 10/01/2022 | Valor a Pagar: 245,71

**COPEL**

# CONSUMO DE ENERGIA NA SUA RESIDÊNCIA EM KWH/MÊS

Os valores constam no histórico de consumo e pagamento.

\*Com o sistema fotovoltaico instalado, você não deixa de pagar a conta a COPEL, ainda terá todo mês a taxa mínima, pelo uso da rede, e a taxa de iluminação pública. Então se seu consumo for muito próximo do mínimo, financeiramente, não é benéfico.

FONTE: Os Autores (2022).

## ESCOLHA DE UMA EMPRESA ESPECIALIZADA

É de extrema importância a escolha de uma empresa capacitada para a execução dos serviços, para garantir um bom funcionamento e monitoramento do sistema, portanto converse com outros clientes da empresa e certifique-se de ter boas recomendações.

Os fatores relevantes deste manual são muito importantes para se informar e indagar a empresa sobre essas questões e analisar o parecer técnico da empresa na hora da contratação.

FONTE: Os Autores (2022).



# BENEFÍCIOS

**ENERGIA LIMPA E RENOVÁVEL**  
Impacto ambiental mínimo e a sua fonte de combustível não é um recurso escasso.

**BAIXO CUSTO DE MANUTENÇÃO**  
Longa vida útil das placas fotovoltaicas e inversores.

**COMPACTA**  
Compactas comparadas aos outros sistemas convencionas de geração de energia.



FONTE: Os Autores (2022).



# MUITO OBRIGADO

ESPERAMOS TER AJUDADO

---

EMAIL: [Luizaugusto09@hotmail.com](mailto:Luizaugusto09@hotmail.com)  
[Erlonbarausse02@gmail.com](mailto:Erlonbarausse02@gmail.com)

FONTE: Os Autores (2022).