

# FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL POR MEIO DO SISTEMA FOTOVOLTAICA

Rodolpho Gomes Cardozo<sup>1</sup>, Otávio Gaigher<sup>2</sup>, Eberte Valter da Silva Freitas<sup>2</sup> e Vladimir Cypreste Romanelli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmicos do Curso de Engenharia Elétrica

<sup>2</sup> Mestre – Docente Multivix.

## RESUMO

Neste trabalho, foi abordado o contexto da produção da eletricidade recorrendo o uso da fonte solar de energia. A prioridade em proteger o meio ambiente cria a necessidade de produzir energia limpa com o menor impacto possível, e uma solução para esse problema é utilizar a energia produzida pela luz solar de células solares fotovoltaicas. O método empregado foi de caráter bibliográfico, natureza básica com abordagem qualitativa e pesquisa exploratória alinhado a um estudo de caso, tendo como exemplo uma residência na cidade de Ibirapu-ES. O resultado é que com economia alcançada e produção de energia solar, a aquisição de um sistema fotovoltaico tem ainda a vantagem de produzir energia renovável sem fornecimento de ruído ou gases poluentes. Esses fatores auxiliam na redução do impacto ambiental. Portanto, conclui-se que, com o mínimo de impacto ambiental e de forma sustentável tornou-se o principal objetivo e entre as alternativas, destaca-se o fornecimento de energia elétrica da radiação solar por meio da funcionalidade celular.

**Palavras-chave:** Energia solar fotovoltaica; energia renovável e elétrica; matriz energética; módulos fotovoltaicos.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, um dos principais problemas à difusão dos painéis fotovoltaicos em setores de consumo residenciais e comerciais ainda é o elevado investimento inicial, especialmente maior na construção da infraestrutura de produção (SILVA, 2019).

O propósito de usar fontes de energia renováveis tem tomado grandes proporções, em virtude disso, ela não causa impactos no meio ambiente, juntamente com um clima econômico e favorável. A energia solar fotovoltaica, por exemplo, não traz custos mensais, como uma

conta de energia enviada pelas concessionárias de energia elétrica (ARAÚJO; LUCENA SANTOS, 2023).

O sistema consiste em um plano para implementar um gerador de energia com painéis solares ligados à rede da responsável autorizada por fornecer eletricidade. Com a instalação, que serve para produzir energia fotovoltaica, o impacto na queda é contrário que era antes, onde a relação de custo é invertida (diminui o custo ao longo prazo). Ademais, em qualquer momento é possível ativar a energia solar desligando o abastecimento de energia eletrificada, deste modo, economizar no total da conta de energia (PORTAL SOLAR, 2014 e 2023).

Os locais em se utilizam de sistema de segurança, do qual necessita permanecerem conectadas durante todo o dia, o gasto energético energia acaba sendo mais elevado. Com o aproveitamento de energia solar, esse consumo pode ser reduzido, não prejudicando o sistema e nem as pessoas envolvidas. Além disso, o emprego desse tipo de energia acarreta benefícios ambientais, pois não causa impactos ambientais, além de proporcionar ao usuário descontos financeiros ou alguma natureza de gratificação no cálculo da energia elétrica (ALVES, 2019).

De forma resumida, há vantagens em usar energia solar, tantos ambientais quanto econômicos. Assim, é importante compreender de que forma a energia fotovoltaica ajuda no controle de energia. Para abastecer sistemas de segurança, as vantagens são de que, mesmo que ocorram cortes de energia elétrica por meio das concessionárias, seja por motivos que forem o sistema de segurança quando a alimentação for feita mediante a energia solar fotovoltaica, o sistema permanecerá operando sem cortes, o que não prejudica a segurança da residência ou mesmo de um prédio comercial (CECHIN, 2010).

Considerando isso, gerar eletricidade de forma sustentável, ou seja, sem causar poluição ou prejudicar o ecossistema, dessa forma, em busca por conhecimentos tecnológicos e razões que contribuem positivamente para o ecossistema torna-se uma medida eficaz para reduzir os impactos de impurezas e socioambientais. Assim, será apresentada a contribuição necessária no para âmbito acadêmico, sem querer esgotá-lo, uma breve reflexão do tema, pois a pesquisa o assunto deixa clara a real demanda em buscar alternativas que possam fornecer explicações sobre as energias renováveis e fotovoltaicas (DI LASCIO; FAGUNDES, 2009).

O trabalho justifica-se, portanto, pela necessidade de aprofundar as discussões sobre o assunto visando contribuir socialmente e academicamente com reflexões sobre a relevância do investimento em energias renováveis, na qual ocasiona consequências significativas em benefícios ambientais, pois não causa impactos ambientais. A energia produzida pelo sol, nos últimos anos, a Associação Brasileira de Eletricidade Solar relatou um aumento na energia

gerada pelo sol. Em seu Infográfico no ano de 2023, a evolução da fonte solar passou de 8MW(Megawatts) em 2012 para 34.228 MW em 2023 (ABSOLAR, 2023).

Portanto, os objetivos do trabalho são demonstrar as vantagens da energia renovável fotovoltaica como um sistema potencial no processo de viabilidade financeira na aplicação de painéis de energia solar, bem como ressaltar a importância econômica do sistema de energia fotovoltaica como essencial abastecimento na aplicabilidade nas placas em teto residencial.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 ENERGIA RENOVÁVEL FOTOVOLTAICA**

Consoante os estudos de Fadigas (2012), uma indicação inicial para o avanço dos resultados da pesquisa pelo surgimento fotovoltaico é atribuída ao francês Alexandre Edmond Becquerel, quanto à descoberta, em 1839, com relação à energia solar e o poder de ser convertida em energia elétrica. Ele guiou experiências científicas usando um eletrodo iluminado e mergulhado no eletrólito.

Até hoje são criadas pesquisas sobre a produção de elementos fotovoltaicos, com o objetivo de garantir maior eficiência, sem violar o meio ambiente. Com o advento de novas tecnologias, é possível compreender a relevância do sol como uma fonte de aquecimento, existência, carga potência de energia e até mesmo eletricidade (ALVES, 2019).

O tipo de energia mais utilizado atualmente é alcançado com auxílio da concessionária, ou seja, a energia que as usinas hidrelétricas produzem se utilizam da potência da água na eminência da produção de energia. É renovável, entretanto, ela pode causar alterações ambientais, como por exemplo, impactos na fauna, na flora e no lugar em que se encontra o tanque com água. Além de aumentar os níveis dos rios, e ocorrer o alagamento das várzeas (GOUVEIA, 2016).

A oposição no emprego deste tipo de energia a outros recursos energéticos tem vencido potência quando se trata do progresso sustentável de energia elétrica. Essa magnitude se deve ao fato dessas estruturas serem silenciosas. Outra grande vantagem da aplicabilidade sistemas fotovoltaicos é a diminuição no valor da montagem produtiva e econômica de energia (ALVES, 2019).

Observa-se um significado crescimento no tocante ao consumo humano de energia, o emprego de tal tecnologia é uma alternativa sustentável para evitar danos ambientais, pois, o aproveitamento da extração de fontes de energia fóssil, como o petróleo, por exemplo, prejudica o biosistema, a queima desse material contribui negativamente para a

intensificação do efeito estufa, para a contaminação atmosférica e derretimento das calotas polares (MATAVELLI, 2013).

O desenvolvimento de energia fotovoltaica é considerado há muito tempo uma fonte energética tecnológica, sustentável e limpa, com base na energia renovável mais abundante e extensivamente disponível no planeta – o sol – suas aplicações são diversas e podem ser implementadas em praticamente todos os locais, como os comércios, moradas e manufaturas no campo, ou seja, qual for o lugar onde haja abundância da radiação solar (EPE, 2021).

Devido à competitividade da engenharia fotovoltaica, as fontes solares ampliaram significativamente seu envolvimento no setor energético brasileiro, que atualmente é considerado um domínio rentável do País. Na geração distribuída, os custos dos painéis solares estão se tornando mais competitivos em termos de tarifas das concessionárias de energia elétrica, o que mostra grandes perspectivas no Brasil, à semelhança de outros países (BEZERRA, 2023).

## 2.2 COMPONENTES DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

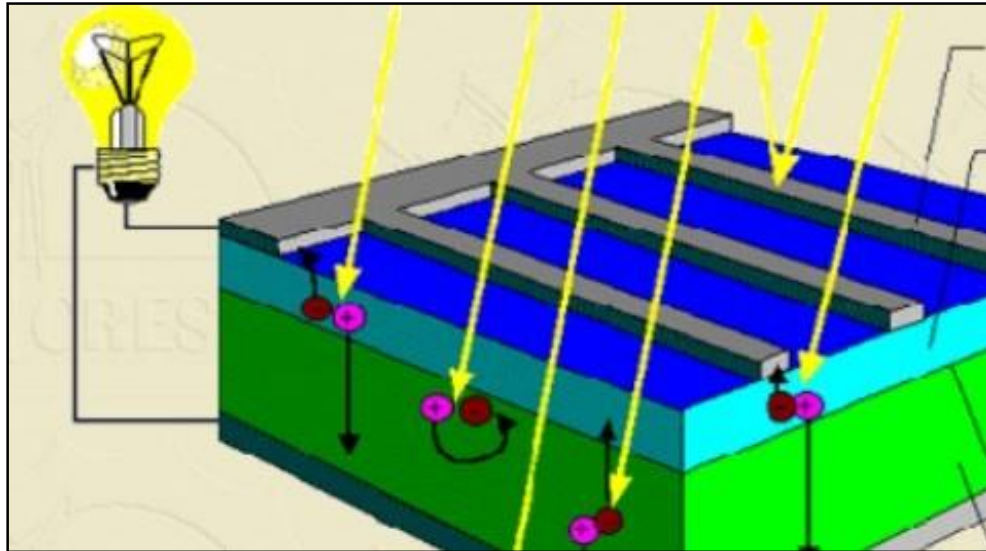
### 2.2.1 Células Fotovoltaicas

O silício (Si) é o material mais empregado predominantemente na produção de células solares, material esse denominado como semicondutor, baterias amplamente utilizadas na indústria de microeletrônica, as usinas fotovoltaicas consistem em duas metades deste semicondutor, cada uma passando por processo de dopagem e combinando com outros materiais para alterar sua estrutura eletrônica. Assim, metade deles se torna negativo (deixando elétrons) e a outra metade torna-se positiva (falta de elétrons). Há um arranjo no ponto de contato entre os dois lados (junção P-N) de uma superfície elétrica, que impossibilita a entrada de elétron passe pelo lado negativo da cruz e chegue à outra metade positiva. Por intermédio do efeito fotovoltaico, ocorre a formação de uma disparidade de voltagem entre os dois eletrodos em virtude da transferência de elétrons, que são gerados a partir de diferentes faixas (CEMIG, 2012).

A aplicação mais comum é eletricidade solar e energia solar térmica. A produção de energia fotovoltaica está vendo um crescimento significativo no mercado impulsionado em parte pelas regulamentações dos serviços públicos e pelos incentivos governamentais em alguns estados. Em 2017 a energia fotovoltaica representava apenas 0,0008 % da capacidade total instalada no Brasil (RELLA, 2017), em 2019 atingiu 1,45 % (EMPRESA DE

PESQUISA ENERGICA, 2020). A Figura 1 exibe o processo como a energia é adquirida ao converter diretamente a luz em eletricidade, por intermédio do processo fotovoltaico.

**Figura 1** – Células Fotovoltaicas



**Fonte:** Fadigas (2012).

De acordo com autora Fadigas (2012) por meio da comunicação externa os elétrons são carregados distantes da célula para fins práticos. Cada elétron que sai da célula é suplantado por outro elétron responsável por transferir a carga. Conseqüentemente, intercorre o convertimento de energia elétrica por intermédio da utilidade de painéis fotovoltaicos e radiação elétrica direcionada.

Conforme definido pela norma NBR-10899:2013, módulos fotovoltaicos são totalidades de células fotovoltaicas que são eletricamente interligadas, geralmente em série, encapsuladas materiais que garantem maior resistência mecânica e resistência às intempéries, mas permite a entrada de luz e ajuda a arrefecer. Facilitando o acesso com outros módulos e sua permanência em sua conformação, a fim de propagar energia elétrica. Portanto, as células mais utilizadas são à base de silício monocristalino (m-Si), policristalino (p-Si) ou amorfo (a-Si).

### **2.2.2 Inversor Fotovoltaico DC/AC**

O inversor solar é responsável por estabelecer a ligação à rede e ao gerador fotovoltaico e os sistemas elétricos CA ou carga CA. Sua principal função é converter o sinal CC do gerador fotovoltaico em um sinal CA e ajustá-lo à frequência e ao ponto de conexão elétrica da rede por meio da rede à qual está plugado. Inversores específicos da aplicação são

usados para diferentes finalidades do sistema unido à rede e são diferenciados como (inversores de rede) e sistemas autônomos (inversores autônomos) (PORTAL SOLAR, 2014-2023).

Em um sistema fotovoltaico ligado à rede, o inversor é acoplado à rede elétrica de serviço elétrico diretamente ou instalação. Com uma conexão direta, a eletricidade gerada é injetada diretamente na infraestrutura comunitária. Ao conectar-se ao sistema interno do edifício a energia gerada é primeira consumida no prédio e depois a energia restante é fornecida à rede pública (ALVES, 2019). Esses dispositivos são capazes de compatibilizar a tensão e a frequência com a rede elétrica da empresa à qual o sistema está plugado.

Segundo o INMETRO (2011), os inversores destinados à utilização em sistemas fotovoltaicos devem possuir formas senoidais puras, com eficiência acima de 85% entre 50% e 100% de distorção harmônica total no nível de potência nominal (THD) inferior a 5 %, independente da potência operacional. Observa-se na Figura 2 o sistema de inversor Fotovoltaico associado à rede, de acordo com o Portal Solar (2014-2023).

**Figura 2**– Sistema de inversor conectado à rede



Fonte: PORTAL SOLAR (2014-2023).

**1 - Painel Fotovoltaico** - Os painéis solares fotovoltaicos detêm da aptidão ao transmutar a luz solar em eletricidade, e estabelece a corrente contínua. Organizar vários painéis solares pode criar iluminação pública. O mesmo se aplica as coberturas e fachadas de edifícios residenciais, comerciais e industriais, incluindo outros usos para os adquirentes.

**2 – Inversor** – Assim, ao contrário da maioria dos dispositivos eletrônicos que usam CA, os inversores solares convertem CC em CA de forma que essa energia possa ser empregada em dispositivos de consumo. Esses dispositivos são capazes de compatibilizar a tensão e a frequência com a rede elétrica da empresa à qual o sistema está correlacionado.

**3 - Painele de ordenação** – Nesse caso, a energia elétrica provocada pelas células fotovoltaicas localizadas nos painéis é transmitida e depois convertida pelo inversor para o painel de distribuição local – no qual o sistema está instalado – para que a energia a ser utilizada seja disseminada.

**4 - Aparelhos elétricos** - A energia construída pelo sistema ON-Grid vem aos dispositivos elétricos e eletrônicos vinculado à tomada. E esses dispositivos utilizarão energia fotovoltaica para funcionar automaticamente.

**5 - Medidor de energia bidirecional** - A função do medidor bidirecional é monitorar a energia utilizada pela rede, assim como a energia inserida na rede. Ocorrência o sistema produz menos energia elétrica do que a consumida atualmente, a rede pública fornecerá automaticamente o necessário para evitar qualquer falta de energia ao consumidor. No sentido oposto e complementar, o sistema garante que o excesso de energia seja nutrido na rede elétrica da concessionária, produzindo maior potência solar que o indispensável hoje. Assim, neste exemplo, o medidor bidirecional registrará essa energia e o consumidor / produtor irá desfrutar de um excedente em sua conta de energia mensalmente.

### 2.2.3 Controlador de Cargas

Os controladores de carga trabalham estabelecendo uma ligação com os módulos fotovoltaicos, carga consumidora e os bancos de baterias. Monitora o nível de energia armazenado na bateria, por meio da análise de pressão, para se evitar sobrecarga (OVELHA, 2017). Observa-se na Tabela 1 abaixo as suas principais características:

**Tabela 1** – Características para o bom funcionamento de cargas

<b>PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS PARA O BOM FUNCIONAMENTO DE CARGAS</b>
Retratar um gasto interno atenuado;
Eficiência recomendável, entre 96% e 98%;
Desconectar as baterias do consumo em casos de uma descarga extensa;
O carregamento deve ser realizado em altas tensões;
A tensão de ruptura dos componentes semicondutores deve ser no mínimo duas vezes a tensão do gerador solar aberto;
Cobertura ajustada para caso de sobre tensão;
Deve encontrar-se em um local abrigada.

**Fonte:** Adaptado de Ovelha (2017).

Os sistemas OFF-Grid, são conhecidos como estruturas separadas ou como não-rede. Essas organizações operam de forma automática, ou seja, não funciona simultaneamente com a rede elétrica convencional. As Figuras 3 e 4 exemplificam um sistema OFF-Grid e o diagrama correspondente em relação à carga utilizada.

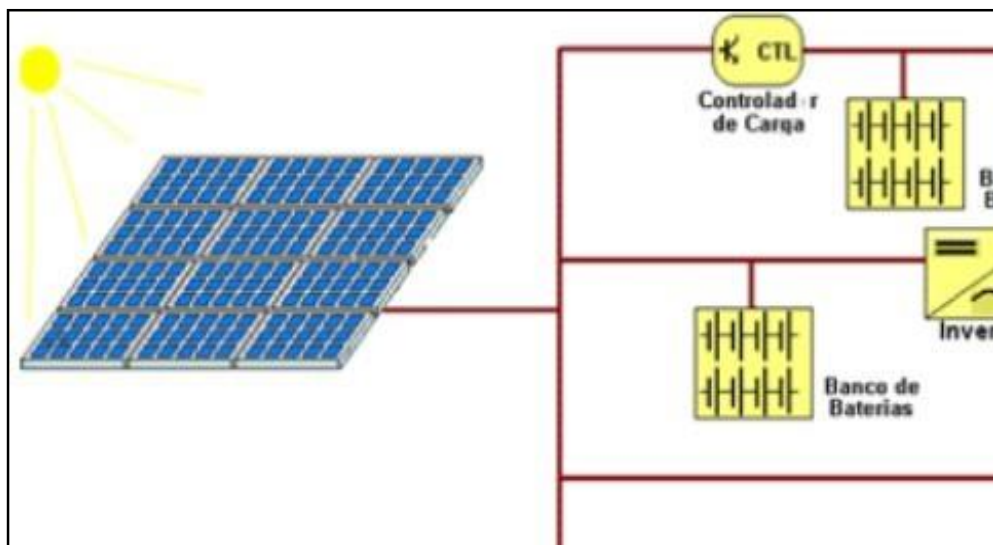
**Figura 3** – Sistema solar Off-Grid



Fonte: Portal Solar (2014-2023).

Assim, os sistemas fora da rede podem ser usados em regiões extremas sem rede elétrica ou onde não é transparente o provimento de energia, exemplos de aplicações destes sistemas incluem zonas rurais, quintas, parques de estacionamento e praias.

**Figura 4** – Esquema de sistemas fotovoltaicos com base na carga executada



Fonte: Adaptado do CRESESB (2013).



**Carga CC sem armazenamento** - Aqui, a energia elétrica é utilizada para gerar energia a partir de equipamentos CC. Um exemplo de tal aplicação é um sistema de bombeamento de água com uma bomba acoplada a um motor CC.

**Carga CC com armazenamento** - Quando se deseja usar dispositivos elétricos com corrente contínua, independentemente de a energia solar estar sendo gerada ao mesmo tempo. Sempre que for viável, é recomendado que a energia elétrica seja conservada em baterias. Um dispositivo é usado na supervisão da carga e descarga da bateria. Este equipamento é denominado controlador de carga, cuja principal função é evitar danos à bateria por carga excessiva ou descarga considerável.

**Carga CA sem armazenamento** - O princípio de funcionamento dessa carga é similar ao princípio funcional da carga CC. Porém, a diferença é que a carga se alimenta por energia CA, assim, é necessário empregar um inversor entre o gerador solar e a carga. Um exemplo desse uso é o aplicação de energia solar empregada em sistema fotovoltaico.

**Carga CA com armazenamento** - Para alimentar equipamentos CA, é essencial um inversor. A função deste mecanismo é converter corrente interrupta por uma alternada, transformando, por exemplo, a tensão em corrente contínua de 12 V para 127 V numa corrente alternativa.

### 2.3 VIABILIDADE FOTOVOLTAICA

Ao definir todas as questões negativas que cercam a expansão de energia elétrica, a luz solar tem sido certa possibilidade praticável, para tanto, para realizar tal transformação de energia solar em eletricidade, é utilizado no processo o silício. Entretanto, embora muito sustentável, a aplicabilidade de placas fotovoltaicas como fonte de energia, é uma tecnologia acessível a um público pequeno, de forma geral, devido ao seu custo elevado (MATAVELLI, 2013).

Devido às suas características, o Brasil possui um imenso potencial para a geração de energia solar predominantemente “na maior parte do ano”, principalmente na região nordeste do país, o que deixa o País com certa vantagem em relação aos demais países no aplicação de energia fotovoltaica (BRAGA, 2008, p. 46). Segundo a afirmação do autor, a inquisição elétrica no Brasil é alta e aumenta em função da oferta disponível de créditos no mercado que contribui para a aquisição de produtos elétricos em maior número e quantidade, e conseqüentemente eleva o gasto de energia elétrica.

Uma importante contribuição para que os gastos com energia elétrica doméstica sejam mitigados é a aplicabilidade de energia solar. Neste caso, utilizar tal energia para o desempenho funcional dos mecanismos seguros, sendo que, tais sistemas ficam ligados e acionados 24 horas por dia, o que demanda um consumo de energia considerável, se utilizado para o abastecimento do mesmo a energia solar, o gasto com concessionárias seria menor, para além da proteção ambiental (MATAVELLI, 2013).

Pensando no sistema de segurança residencial, a função da energia fotovoltaica, pode ser extremamente importante, para quando há cortes de energia eletrificada, assim, o sistema de energia solar pode ser acionado para que o sistema de segurança continue a funcionar sem interrupção (CABRAL; VIEIRA, 2012).

Diante disso, Braga (2008) ressalta que é preciso ainda que a energia solar fotovoltaica receba incentivo para sua utilização, além disso, é necessário investimento por parte das indústrias, para que o valor aquisitivo desse material possa torna-lo mais atingível a toda a população. Utilizar a energia de fonte renovável tem sido uma alternativa mais sustentável, já que a degradação do meio ambiente aumenta progressivamente. Para o autor supracitado, portanto, converter a energia solar mediante células fotovoltaicas tem sido viável e recomendável.

Há circunstâncias significativas a serem levadas em conta. O autoconsumo amplia a concorrência no mercado (em termos de preços dos sistemas solares), contribuindo assim para a sua transformação, porque proporciona o surgimento de novos serviços mais adaptados às demandas dos clientes. Finalmente, a aplicabilidade da energia solar para o consumo próprio tem potencial para fornecer eletricidade economicamente competitiva aos consumidores. Protegendo-os das flutuações dos preços da energia (OVELHA, 2017).

### **3 METODOLOGIA**

Toda pesquisa precisa seguir uma proposta metodológica, sendo assim, classifica-se o trabalho como pesquisa bibliográfica da literatura, por ser este estudo baseado em artigos científicos, obras monográficas e revistas literárias, além de portais eletrônicos da organização estudada.

Nesse seguimento, a natureza da pesquisa foi básica, com o propósito de identificar, selecionar e analisar as informações apuradas sobre a temática, as buscas de materiais e conhecimentos tiveram como pilares a SCIELO e Google Acadêmico com obras que possuíam relação com a temática, baseado nas das palavras-chave “Energia solar

fotovoltaica”, “Energia renovável e elétrica”, “Matriz energética” e “Módulos fotovoltaicos”, e análises baseadas em documentos, artigos acadêmicos e estudos relacionados à legislação brasileira.

Para a realização deste trabalho, foram feitas duas coletas de dados. A princípio a coleta de dados amostrais para este trabalho acadêmico foi feita por meio dos artigos apurados durante a pesquisa e um estudo de caso, onde o interesse foi dirigido na implementação do sistema de energia solar fotovoltaico com o foco na viabilidade econômica como alternativa principal.

### 3.1 OBJETO DO ESTUDO DE CASO

Na eminência do desdobramento do estudo de caso, foi escolhida uma moradia no Município de Ibirapu-ES contendo 3 moradores que consomem em média de 805 Kwh/mês, levou em consideração os meses de janeiro de 2022 a janeiro de 2024 o custo médio foi de R\$ 20.000,00. Observa-se a imagem da residência depois da implantação das placas na Figura 5.

**Figura 5** – Imagem da residência após a implantação das placas de energia solar



**Fonte:** Própria dos autores (2024).

O método da pesquisa estudo de caso foi descritivo-exploratório com abordagem quantitativa, considerando é responsável por descrever a população, situação ou fenômeno de que trata o estudo de caso. O presente trabalho usou esse tipo de pesquisa para mostrar informações no fator econômico após as placas serem instaladas na residência.

Na apresentação, organização das ferramentas e abordagens que auxiliam essa pesquisa, o marco inicial do caminho em direção ao avanço da investigação foi o desdobramento bibliográfico de uma estratégia para identificar as bibliografias coletadas por

ordem de relevância para o estudo. Foram discutidas as principais abordagens acerca da necessidade de adotar a implantação das placas de energia solar voltaica, de forma a propiciar melhores elucidações para as categorias interessadas.

Em muitas áreas do conhecimento, o estudo de caso é uma estratégia de especulação amplamente utilizada, inclusive, na engenharia elétrica. Trata-se de uma investigação detalhada de um fenômeno específico em seu contexto real, por meio de uma análise profunda e sistemática de variedades fontes de dados, incluindo entrevistas, observações, documentos e registros (POTTMAIER, 2022).

Segundo a autora supracitada, este tipo de método é uma ferramenta valiosa para a pesquisa, uma vez que permite investigar problemas e soluções em um contexto real, contribuindo para a evolução de novas tecnologias e práticas mais eficazes e sustentáveis. Além disso, o estudo de caso pode ser utilizado para avaliar a efetividade de soluções já implementadas, no caso da investigação da utilização da energia solar fotovoltaica na residência em Ibirapu.

Para aprimoramento das informações necessárias no levantamento e organização de dados na pesquisa de estudo de caso, foi adotada uma estratégia baseada em apuração nas contas de energia anteriores à implantação do sistema abordado aqui nesse estudo e um questionário com 5 (cinco) perguntas básicas destinadas à pessoa responsável pela família, as quais serão respondidas logo abaixo, sendo elas:

- 1- Atualmente quantas pessoas residem aqui?
- 2 – Qual o valor em médio era do consumo de energia antes das instalações das placas de energia solar?
- 3 – E hoje, quanto é o consumo de energia?
- 4 – Qual foi o valor investido na implantação das placas?
- 5 – Porque optou pela energia solar fotovoltaica?

A procura por alternativas para reduzir custos elétricos está presente na vida de todo mundo, seja ele residencial ou profissional. No mercado residencial atual, uma oportunidade de investimento para reduzir esses custos é a utilização de mini ou micro-geração de energia elétrica por meio de um sistema de energia solar fotovoltaica, embora exija um investimento significativo no curto prazo, pode se tornar interessante no futuro (DALFIOR; SANTOS; SOUZA, 2016).

Assim, baseado nas perguntas apresentadas ao residente pesquisado, a resposta para a pergunta acerca de quantas pessoas vivem na residência, a resposta foi que 5 (cinco) pessoas

residiam na morada, sendo os pais, filhos e avô. Quanto à pergunta a respeito do valor médio do consumo de energia antes das instalações das placas de energia, a pessoa responsável pelas respostas respondeu o valor de médio de 805 kWh/mês, e a seguir ressaltou com relação à economia com as contas nos dias de hoje, o consumo é o mesmo gerado, devido a implantação da energia solar, a energia gerada para rede e a mesma que o consumo, onde isso fez uma redução na minha conta de luz chegar a mínima que é o cobrado de 100Kw/mês pela concessionária, que e em média R\$130,00 (o valor era em média de R\$530,00 de consumo anteriormente do sistema de energia fotovoltaica. Hoje, a redução é de 300,00 na conta de luz).

No que diz respeito ao investimento aplicado na implementação das placas, a resposta foi de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais). Logo, ao ser questionado quanto à opção pela energia solar fotovoltaica, a resposta recebida foi a de era a que se aplicava na situação, devido o alto consumo de energia e pelas instalações de novos cômodos no imóvel e equipamentos eletrodomésticos, vi a necessidade da implantação da energia fotovoltaica. Além da economia gerada, o fator impacto ambiental foi importante na decisão, por viverem em uma área rural com muitas florestas ao redor, foi significativa na determinação, já que refletir em energia autossustentável e que administre o mínimo impacto ambiental contribui para o avanço de novas tendências geração de manufaturas.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

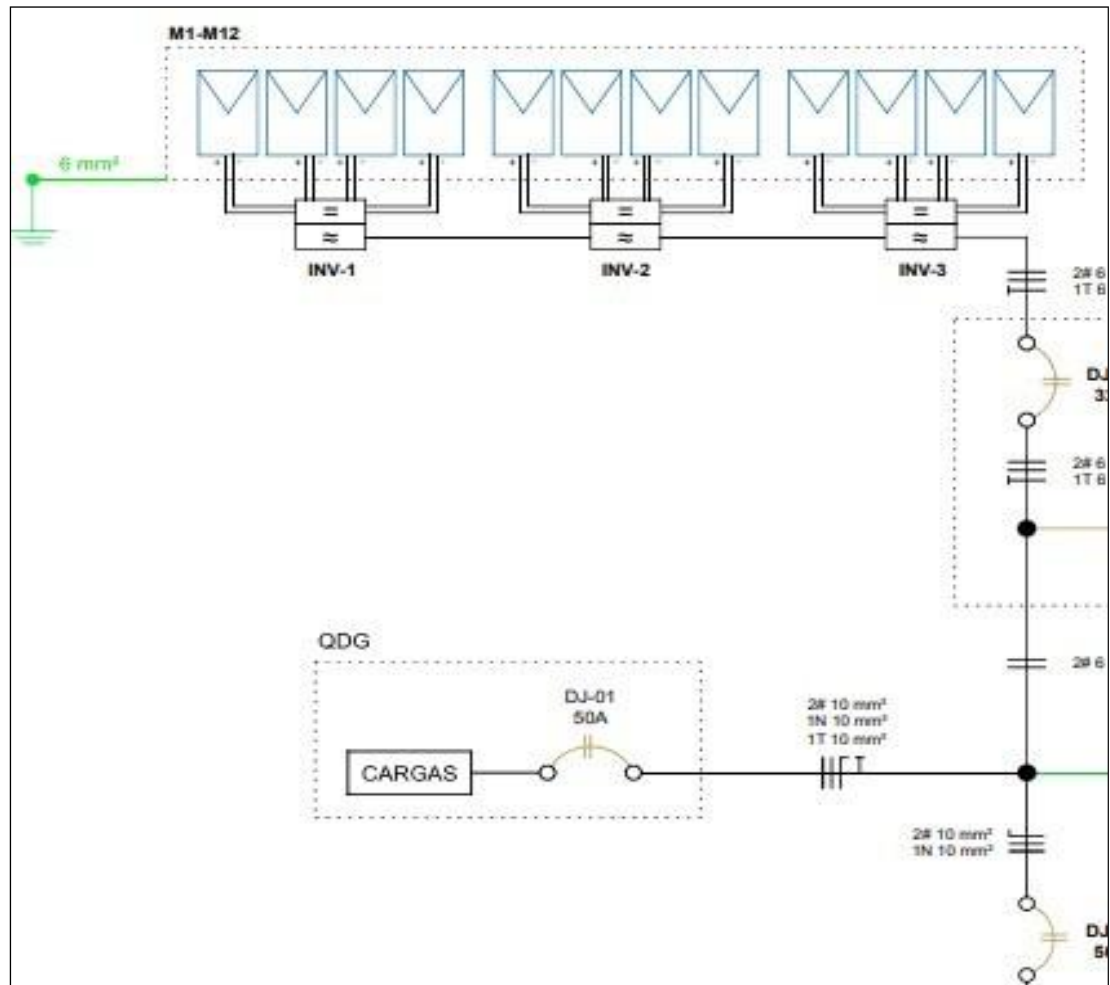
A produção de energia solar pode resultar em economia de até 90%, em média, ou seja, é uma opção melhor do que economizar dinheiro de forma fixa. Portanto, uma instalação segura e aparelhos eficazes, é possível realizar um alto investimento no longo prazo.

As vantagens após a implantação das placas de energia fotovoltaica e entre as características do sistema fotovoltaico encontradas neste estudo estão a rápida instalação de painéis solares sem supervisão recorrente. Em média, a instalação residencial pode ser executada em 2 a 3 dias.

A residência teve o sistema de energia solar implantado em janeiro de 2022. Logo será apresentado todo o processo de microgeração fotovoltaica com a seguinte configuração: 3 arranjos de 4 módulos fotovoltaicos; sendo a potência instalada de 6,66 kWp; potência máxima injetada de 6 kWp; 12 módulos Elgin 555 W instalados sobre o telhado.

Observa-se a Figura 6 o diagrama UNIFILAR.

**Figura 6** – Diagrama UNIFILAR



Fonte: Autores (2024).

A seguir serão apresentadas as descrições gerais e dados do sistema em formato de tabelas.

**Tabela 2** – Descrição do ITEM, TAG do sistema aplicado na implantação

ITEM	TAG	DESCRIÇÃO
1	INV-1 / INV-2 / INV-3	Micro Inversor ELGIN-2000
2	DJ-1	Disjuntor Bipolar 50A
3	DJ-2	Disjuntor Bipolar 50A
4	DJ-3	Disjuntor Bipolar 32A
5	DPS	DPS CLAMPER Uc 275V – Imáx 20 kA – In 10kA
6	M1-M12	Módulos Fotovoltaicos ELG555 – M72HAE
7	QDG	Quadro de Distribuição Geral

Fonte: Autores (2024).

**Tabela 3** – Descrição dos Dados do Inversor

<b>DADOS DO INVERSOR</b>	
Quantidade de Inversores	03
Potência atribuída	2.000 W
Tensão Nominal	220 W
Corrente Máxima de Saída	9,6 A
Rendimento	96,5%
Frequência Nominal	60 Hz
Fabricante	ELGIN
Modelo	ELGIN - 2000
Nº Registro INMETRO	002713 - 2021

Fonte: Autores (2024).

**Tabela 4** – Descrição dos Dados dos Módulos

<b>DADOS DOS MÓDULOS</b>	
Potência máxima	555 W
Tensão potência máxima	42,27 V
Corrente potência máxima	13,13 A
Tensão circuito aberto (CA)	50,30 V
Corrente curto circuito (CC)	13,98 A
Eficiência	21,48 %
Fabricante	ELGIN
Modelo	ELF555 – M72HAE
Nº Registro INMETRO	006741 / 2022

Fonte: Autores (2024).

**Tabela 5** – Descrição dos dados do Arranjo Fotovoltaico

<b>DADOS DO ARRANJO FOTOVOLTAICO</b>	
Número de arranjos	3
Número de Módulos conectados no INV-1	4
Número de Módulos conectados no INV-2	4
Número de Módulos conectados no INV-3	4
Número total de Módulos conectados no INV	12

Fonte: Autores (2024).

**Tabela 6** – Características técnicas do empreendimento

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO EMPREENDIMENTO</b>	
Geração Híbrida	Não possui
Potência instalada	6,66 kWp
Potência máxima gerada	6 kWp
Potência média injetada	805 kWh/mês
Tensão nominal	220 Vca
Fator de potência	1
Área total da residência (m <sup>2</sup> )	30

**Fonte:** Autores (2024)

Uma placa de advertência foi colocada no local, após a instalação, junto ao padrão de eletricidade, perto da caixa de aferição/atenção, conforme a imagem apresentada abaixo. Essa placa é confeccionada no tamanho de 25x18 cm, com espessura mínima de 2 mm, na cor amarela e com letras pretas, o material é de PVC (policloreto de vinilo) com aditivo resistente a raios UV (ultravioleta). Veja a Figura 7.

**Figura 7** – Placa de advertência do PERIGO

**Fonte:** Imagem retirada na internet

A respeito do aterramento elétrico, foi instalado na edificação malhas de aterramento no esquema TT (terra terra), caso a resistência de terra seja menor que  $10\Omega$ , conforme ABNT NBR 5410:2004, nenhuma violação será cometida, mesmo em solo seco. A composição da instalação foi de 1 haste de 2,5 metros com seção de 5/8” e cabos de cobs com seção de 6 mm<sup>2</sup> enterradas no solo abaixo da estrutura, garantindo a qualidade do aterramento. Os terminais fixos conectam o invólucro do módulo ao cabo de aterramento.

No que concerne ao funcionamento, no período que houver a presença de luz solar, os módulos fotovoltaicos irão captar a luz, gerar energia elétrica em corrente contínua e o inversor a transformará em alternada na frequência de 60hz. E quando a energia elétrica gerada pelo sistema seja superior ao consumo, o inversor possibilitará o fluxo da energia



excedente para a rede da EDP. Caso contrário, se a energia elétrica consumida for em maioria que a energia gerada pelo sistema, o inversor permitirá que a energia da concessionária supra a demanda (PORTAL SOLAR, 2014-2023).

## 5 CONCLUSÃO

Os objetivos propostos nesse trabalho foram alcançados uma vez que foram demonstradas, por meio das pesquisas literárias as vantagens da energia renovável fotovoltaica como um sistema potencial no processo de viabilidade financeira na aplicação de painéis de energia solar, bem como ressaltar a importância econômica do sistema de energia fotovoltaica como essencial abastecimento na aplicabilidade nas placas em teto residencial.

Todo processo de instalação de energia em qualquer residência tem suas vantagens e desvantagens. Segundo a Lei 14.300/2022 a obrigação de fornecer um compromisso de cumprimento fiel (GCF) é requerida dos presentes em conectar centrais de minigeração com potência instalada de 500 kWh ou mais.

A vantagem é a geração da própria energia. As tarifas de energia são compensadas ao gerar a energia para a rede (sendo paga só a tarifa mínima), isso faz com que a energia enviada para rede será utilizado no momento onde não pode ocorrer a geração, neste caso a noite.

As desvantagens, após a Lei citada anteriormente, acerca do início do ano de 2023, as desvantagens é que quando e gerada a energia é enviada para a rede os encargos tarifários não serão mais compensados. Ou seja, se for gerado 100 kWh e enviar para a rede os 100 kWh gerado não valerem necessariamente os 100 kWh, pois uma parcela ficará para a concessionária.

O resultado foi satisfatório, uma vez que empregar como resultado a transformação energia solar em energia elétrica, recorrendo o aplicamento de células fotovoltaicas, tem sido muito viável e recomendável antes da nova Lei 14.300/2022. Devido a essa mudança deve-se fazer um estudo com detalhes precisos para confirmar se é viável ou não fazer um investimento tão alto em energia fotovoltaica, visto que o retorno obtido será menor.

Ao considerar com que intensidade e complexo esse sistema contribui com a natureza ecológica e no que discerne ao socioambiental de crescimento desequilibrado, o engenheiro, assim como cidadão, deve orientar suas escolhas na busca de soluções que levem ao crescimento sustentável com a finalidade de aperfeiçoar o bem-estar e condições melhores na vida das pessoas.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 5410:2004. **Instalações elétricas de baixa tensão**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 p. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/23327/nbr5410-instalacoes-eletricas-de-baixa-tensao>. Acesso em: 21 de jan. 2024.

ABNT NBR 10899:2013<sup>a</sup>. **Energia solar fotovoltaica – Terminologia**. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/8242/nbr10899-energia-solar-fotovoltaica-terminologia>. Acesso em: 24 de jan. 2024.

ABSOLAR – Assoc. Bras. Energia S. **Fotovoltaica**. 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

ALVES, Marliana O. Lage. **Energia solar**: estudo geração energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid. 2019. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2019>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

ARAÚJO, Francisco José Costa; LUCENA SANTOS, Priscila Emanuele. O desenvolvimento da energia eólica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 6, p. 2978-2989, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/10487/4355>. Acesso em: 03 de fev. 2024.

BEZERRA, Francisco Diniz. Infraestrutura: **Energia Solar**. Caderno Setorial ETENE, 2023. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/72?author\\_page=1](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/72?author_page=1). Acesso em: 27 de jan. 2024.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica**: Fundamentos e aplicações. Univer Fed. Rio de Jan, 2008. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/7372>. Acesso em: 19 de jan. 2024.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental uso energia fotovoltaica**: abordagem período recente. III Cong. Brasileira Gestão Ambiental. Goiânia, 2012. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/X-003.pdf>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

CECHIN, Andrei. **A natureza como limite da economia**: contribuição Geogescu Roegen. São Paulo: Editora SENAC, 2010. Disponível em: [http://www.ifba.edu.br/professores/antoniocloaldo/01%20TERMODINAMICA%20E%20ADM/A\\_natureza\\_como\\_limite\\_da\\_economia\\_a\\_con.pdf](http://www.ifba.edu.br/professores/antoniocloaldo/01%20TERMODINAMICA%20E%20ADM/A_natureza_como_limite_da_economia_a_con.pdf). Acesso em: 21 de jan. 2024.

CEMIG. **Alternativas Energéticas**. [S.l.], 2012. Disponível em: <http://www.cemig/>. Acesso em: 10 de jan. 2024.

CRESESB. **Sistema Geração Fotovoltaica**. 2013. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=cse\\_sistema\\_fotovoltaico](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=cse_sistema_fotovoltaico). Acesso em: 18 de janeiro 2024.

DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira; SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto; Energia Solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG. **Simpósio de excelência em Gestão e Tecnologia, XIII, Rio de Janeiro, RJ**, 2016. Disponível em:

<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/862456.pdf>. Acesso em: 18 de jan. 2024.

DI LASCIO, Marco Alfredo; FAGUNDES Barreto E. José. **Energia, desenvolvimento sustentável para Amazônia rural brasileira: eletrificação de comunidades isoladas**. Ministério de Minas e Energia, 2009. Disponível em:

[https://agritrop.cirad.fr/567794/1/solucoes\\_energeticas\\_para\\_a\\_amazonia.pdf](https://agritrop.cirad.fr/567794/1/solucoes_energeticas_para_a_amazonia.pdf). Acesso em: 06 de fev. 2024.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Renova Bio: Biocombustíveis 2030**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/>. Acesso em: 20 de janeiro 2024.

EPE. **Balanco Energético Nacional Empresa Pesquisa Energética**, 2020. Rio de Janeiro: Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/>. Acesso em: 08 de janeiro 2024.

FADIGAS, Eliane A. F. Amaral. **Energ. Solar Fotovolt: Fundam., Conversão, Viabilidade técnico-econômica**. GEPEA - Grupo de Energia Escola Politécnica, 2018. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt/document/universidade-de-aveiro/conversao-de-energias-renovaveis/04-energia-solar-fotovoltaica-fundamentos-conversao-e-viabilidade-tecnico-economica-autor-eliane-aparecida-faria-amaral-fadigas/56913278>. Acesso em: 18 de jan. 2024.

GOUVEIA, Rosimar. **Usina Hidrelétrica**. Brasil Energia, v.16, n.2, 2016. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engenhariadeproducao/wp-content/uploads/sites/322/2017/11/gabrielaribeirocabralchain.pdf>. Acesso em: 13 de jan. 2024.

INMETRO. Brasil. [S.l.], 2011. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001652>. Acesso em: 10 de janeiro 2024.

LEI 14.300/2022. Alteração da Lei do Programa de Energia Renovável Social (PERS). **Da solicitação de acesso e de aumento de potência**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2019-2022/2022/lei/114300.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2022/lei/114300.htm). Acesso em 10 de novembro 2023.

MATAVELLI, Augusto Cesar. **Energia solar: geração energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. Universidade de São Paulo. Lorena, 2013. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2013/MEQ13015.pdf>. Acesso em 13 de jan. 2024.

PORTAL SOLAR. **Célula Fotovoltaica**. 2014-2023. São Paulo. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/>. Acesso em: 10 de janeiro 2024.

POTTMAIER, Ana W. Mendonça. **Metodologia para estudo de caso: livro didático**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/f2ac2854-27f5-49b8-91d2-e648db829a5e>. Acesso em: 04 de fev. 2024.

OVELHA, Rui Miguel R. Val. **Projeto, Dimensionamento e Instalação de Solução Fotovoltaica em moradia offgrid**. 2017. Tese de Doutorado. Disponível em: [https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/31733/1/ulfc124090\\_tm\\_Rui\\_Ovelha.pdf](https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/31733/1/ulfc124090_tm_Rui_Ovelha.pdf). Acesso em: 18 de janeiro 2024.

RELLA, Ricardo. **Energia solar fotovoltaica no Brasil**. ISSN 2594-7931.2017. Disponível em: <https://www.periodicos.unesc.net/ojs/index.php/iniciacaocientifica/article/view/2937>. Acesso em: 10 de jan. 2024.

SILVA, Luzilene Souza *et al.* Avalia custo benefício utilização energia fotovoltaica. **RCT-Rev de Ciência Tecnologia**, v. 5, n. 9, 2019. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rct/article/view/5405>. Acesso em: 03 de fev. 2024.