

GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA *ON-GRID* E *OFF-GRID*

Jaciara Rafaela de Lima¹, Luciana A. S. Nunes²

Resumo: Diante da crise hídrica e da consequente ineficiência de geração de energia elétrica através das usinas hidrelétricas, faz-se necessário uma constante busca por outros meios de produção de energia. Dentre as possíveis temos a energia fotovoltaica, a qual é caracterizada como uma energia renovável, disponível e inesgotável. Também conhecida como energia solar, pode se apresentar através de dois tipos de sistemas, *on grid* e *off grid* e estes trazem consigo diferenças na sua forma de distribuição, armazenamento e funcionamento técnico e este artigo, por meio de revisão bibliográfica, busca apresentar essas peculiaridades dos sistemas supracitados.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica; Sistemas *on-grid*; Sistemas *off-grid*.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é considerada um bem de consumo essencial para o comércio, a indústria, indivíduos e todos os setores do mercado econômico. A sua importância e geração vem aumentando, e ganhando espaço de uma forma acelerada. Isso está acontecendo devido ao seu papel como matéria-prima básica em todos os setores econômicos dos países, além de ser necessária para satisfazer a alta demanda de consumo que geram elevados custos nas contas dos consumidores.

Com base nessa situação de elevado consumo de energia, pensar em energias que possuem um ciclo rápido de renovação, ou seja, que estão sempre disponíveis para utilização, é salutar e assim a energia fotovoltaica ganha bastante espaço no mercado de produção de energia elétrica mundial.

Mesmo possuindo seus estudos oriundos do século XIX, o sistema de energia solar passou a ser utilizado e mais conhecido a partir da crise hídrica brasileira que acarretou uma diminuição da energia gerada pelas hidrelétricas e, consequentemente, o aumento do preço da energia elétrica para os consumidores, os quais se tornaram incentivados a buscarem alternativas renováveis que possibilitasse o melhor retorno de consumo e economia, sem agredir o meio ambiente [1].

Contudo, existem muitas peculiaridades relacionadas a produção, armazenamento e distribuição de energia fotovoltaica e podemos destacar dois sistemas que são apresentados para utilização comercial, a citar: sistema *on-grid* e sistema *off-grid*. Assim, para selecionar um desses sistemas é necessário se conhecer características de desenvolvimento de funcionamento, vantagens e desvantagens e deste modo, o intuito deste artigo é realizar um estudo bibliográfico acerca de sistemas fotovoltaicos e suas adequadas utilizações, para que os indivíduos possuam uma melhor desenvoltura na hora de escolher qual o ideal para a sua necessidade.

2. ENERGIA FOTOVOLTAICA

O efeito fotovoltaico, descoberto pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, em 1839, é o fenômeno físico que permite a conversão de luz solar em eletricidade. Esse fenômeno ocorre quando a luz, ou radiação eletromagnética do Sol, incide sobre uma célula composta de materiais com propriedades específicas. Assim, podemos definir a energia solar fotovoltaica como sendo aquela que é gerada através da conversão direta da radiação do sol em eletricidade [2].

A partir desta descoberta, o americano Charles Fritts, em 1883, produziu a primeira unidade básica responsável pela geração da energia fotovoltaica, a célula fotovoltaica. Esta célula foi produzida utilizando selênio e tinha uma taxa de eficiência muito baixa, por volta de 1%, o que inviabilizaria sua utilização em larga escala [3].

Posteriormente, com a descoberta do efeito fotoelétrico, em 1905, outros materiais foram objeto de estudo para produção de células fotovoltaicas. Atualmente, as células modernas [4] apresentam um índice de eficiência próximo a 25% e são produzidas a partir do processo de dopagem do silício que foi descoberto por Calvin Fuller, em 1954.

É importante também observar que a produção de energia será afetada por fatores climáticos aos quais os módulos fotovoltaicos¹ estão expostos. Assim, podemos observar que o potencial de produção de energia fotovoltaica no Brasil é muito expressivo, inclusive existem dados que no local menos ensolarado no país é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é uma das nações líderes no uso de energia fotovoltaica [5]. Desse modo, acredita-se que conhecer a grandeza desse potencial energético a produção nacional vem aumentando com o passar dos anos, como pode ser visto do gráfico da **Figura 1** que nos mostra a evolução da produção nos últimos 10 anos.

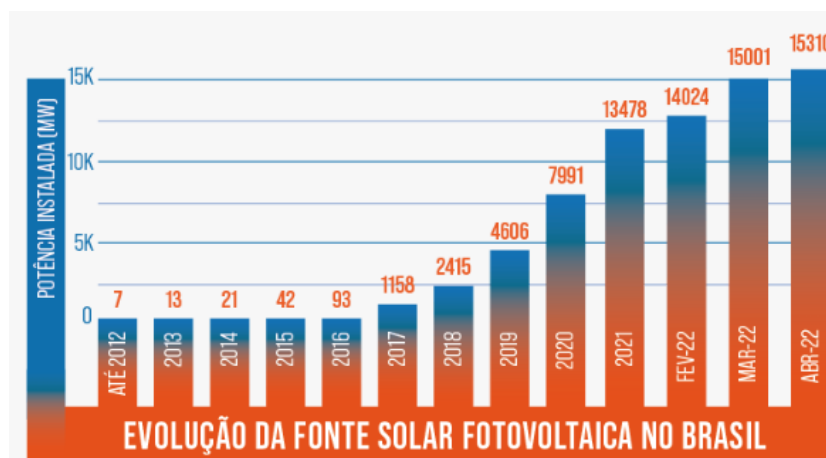


Figura 1: Evolução da produção de Energia Solar no Brasil.

Fonte: <https://cgc-energia.com.br/como-investir/>. Acesso em: 17 de novembro de 2022.

Podemos ainda destacar que a primeira usina fotovoltaica a gerar eletricidade em escala comercial no Brasil foi construída em 2011, no município de Tauá – Ceará. Essa cidade foi escolhida devido ao elevado índice de radiação e a usina foi a primeira da América Latina de grande porte ao possuir 4680 módulos fotovoltaicos, numa área de 12 mil metros quadrados e consegue suprir 1.500 residências [6].

Em tempo é importante mencionar que a existência da primeira usina também motivou que em 2012 fosse publicado o marco regulatório das energias alternativas, com a resolução normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) [7]. A partir dessa resolução ficaram estabelecidas as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, dentre outras providências.

2.1. Classificação dos Sistemas Fotovoltaicos

Para que seja possível a conversão de energia solar em energia elétrica, é preciso uma composição e combinação entre materiais com diferentes funções para que o conjunto opere de forma eficiente para atingir um único objetivo de gerar a própria energia. Essa combinação é conhecida como sistema fotovoltaico ou sistema de energia solar, que engloba e conecta os componentes para que cada um exerça sua função de acordo com o tipo do sistema, podendo ser *on grid* ou *off grid*.

2.1.1. Sistemas *On grid*

Os sistemas *on grid*, também conhecidos como *grid tie* ou sistemas conectados à rede, recebem essa denominação por serem interligados à rede elétrica. Estes tiveram seu primeiro registro na Alemanha, em meados dos anos 1990, e havia diversos requisitos de segurança para esta operação, uma vez que poderia afetar a distribuição de energia das concessionárias locais.

Sua forma de funcionamento prevê que durante o período do dia em que a radiação do sol é mais forte o sistema gere energia e esta seja consumida imediatamente pela unidade consumidora conectada diretamente a ele e em caso de excedente, este seja injetado na rede elétrica da concessionária. No período noturno, o abastecimento da unidade fica a cargo da concessionária e uma compensação financeira é realizada na conta mensal levando em conta o excedente de produção que foi enviado à rede local.

Dessa forma, esse tipo de sistema permite aos consumidores realizarem o aproveitamento da energia armazenada em um momento futuro, pois existe um plano de créditos, com validade de até 60 meses para que sejam utilizados, ou seja, caso o consumo seja menor que a geração, os créditos ficam armazenados na concessionária para suprir a demanda da unidade em meses decorrentes. Assim, para que seja possível

¹ Conjunto de células fotovoltaicas associadas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto.

acompanhar o que está sendo consumido e injetado na rede, é feita a modificação do medidor de consumo, ou seja, o medidor tradicional é trocado por um medidor bidirecional, o qual que pode ser visualizado na **Figura 2**.

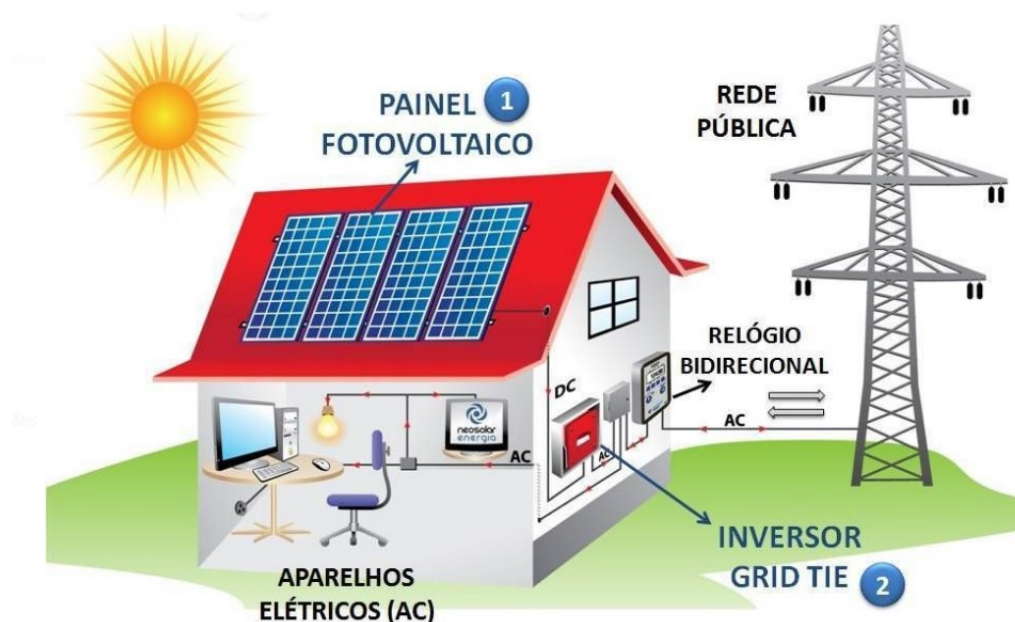


Figura 2: Representação do funcionamento do Sistema On Grid.

Fonte: <https://www.bigsun.com.br/energia-solar-fotovoltaica-como-funciona/>. Acesso em: 17 de novembro de 2022.

Ainda na **Figura 2** podemos identificar em 1 o painel fotovoltaico, que também pode ser denominado como módulo ou placa solar. Nele temos um conjunto de células fotovoltaicas organizadas em uma estrutura suporte que tem função de manter as células agrupadas e interligadas de modo que torne a operação mais simples e ainda promover segurança tanto no processo de instalação como contra ações de intempéries da natureza e então ficarem aptas a receber a luz do sol a fim de convertê-la em energia elétrica.

Outro componente que pode ser observado é o inversor *grid tie*, que também são conhecidos como inversor interativo, e pode ser identificado pelo número 2. A função deste inversor é transformar a corrente contínua em corrente alternada para que possa ser utilizada por aparelhos elétricos. Ele foi desenvolvido para operar especificamente em conjunto com a rede e, de uma forma automatizada, se comporta como uma unidade de controle dos sistemas fotovoltaicos *on grid* e deve ser capaz de fornecer a corrente alternada da maneira mais perfeita possível e conseguir detectar qualquer tipo de anomalia que possa vir a existir na rede, como oscilações de tensão ou de frequência, mas, em principal, as quedas de tensão.

É importante ainda mencionar que também é utilizado um componente que tenha a função de proteger o sistema fotovoltaico, a *string box*. Ela fica posicionada entre os módulos e o inversor de modo a isolar o sistema de produção de energia solar, com o propósito de acidentes elétricos, como os curtos-circuitos e os surtos elétricos, funcionando como os disjuntores de energia dentro de um quadro de distribuição de circuitos (QDC).

2.1.1.1. Modalidades de distribuição da energia gerada

O sistema *on grid* possibilita o abastecimento da energia em mais de um local, completando as necessidades energéticas de diversos consumidores, em uma mesma rede de sistemas conectados. Assim, para que isso seja possível, é preciso que as unidades consumidoras estejam na mesma titularidade e sejam cobertas pela mesma concessionária [7].

Nesse caso, por ser conectado à rede, este sistema necessita de uma homologação juntamente à concessionária de energia elétrica, em que é feita uma organização documental do projeto para ser submetida no portal da geração distribuída da concessionária que atende determinados estados e, com isso, pode-se escolher a modalidade de distribuição da energia gerada, sendo elas a geração local, o autoconsumo remoto, a geração compartilhada e os condomínios, definidas abaixo.

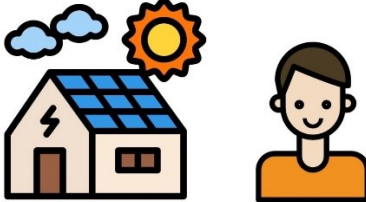
2.1.1.1.1. Geração Local

A geração local é considerada a modalidade mais simples. Nesse caso, quando o consumidor opta pela geração local, o sistema de geração de energia elétrica se encontra no mesmo local de consumo, ou seja, o sistema de geração compartilha o mesmo ponto de conexão de energia da unidade consumidora com a concessionária. Dessa forma, essa modalidade possui uma única unidade consumidora, a qual irá consumir

diretamente a energia gerada e a que receberá os créditos da geração, como pode ser identificado na **Figura 3**.

EXEMPLO - MODALIDADES GD
GERAÇÃO JUNTO À CARGA

 **ENERGÊS**



João tem um sistema solar no seu telhado. Logo, gera energia em sua casa.

Características

- Geração e consumo no mesmo local
- 1 Unidade Consumidora
- 1 Titular (CNPJ ou CPF)
- Todos os créditos são destinados para a UC local.

Figura 3: Exemplo e características da Geração Local.

Fonte: <https://energes.com.br/modalidades-de-geracao-distribuida/>. Acesso em: 21 de novembro de 2022.

2.1.1.1.2. Autoconsumo Remoto

O autoconsumo remoto é o conjunto de unidades consumidoras que se encontram no mesmo CNPJ ou que estão sob a titularidade de uma mesma pessoa física (CPF), as quais pertencem à mesma área de concessão, ou seja, atendida pela mesma concessionária, como ilustrada na **Figura 4**. Essa modalidade se aplica para o consumidor que opta pela geração distribuída e que possui mais de uma unidade em nome. Sendo assim, o sistema pode ser instalado em uma residência e compensar outras residências em locais distintos. Nesse caso, a unidade geradora irá compensar diretamente a geração e, o excedente será compensado nas outras unidades a partir da determinação das porcentagens, ou seja, cada unidade de compensação receberá uma porcentagem do excedente que irá suprir diretamente nela.

EXEMPLO - MODALIDADES GD
AUTOCONSUMO REMOTO

 **ENERGÊS**



Mario vai instalar uma CGH para compensar o consumo de sua rede de lojas.

Características

- Geração e consumo em locais diferentes
- +1 Unidade Consumidora
- 1 Titular (CNPJ ou CPF)
- Os créditos são divididos entre as unidades do mesmo titular

Figura 4: Exemplo e características do Autoconsumo Remoto.

Fonte: <https://energes.com.br/modalidades-de-geracao-distribuida/>. Acesso em: 21 de novembro de 2022.

2.1.1.1.3. Geração Compartilhada

A geração compartilhada se caracteriza por um acordo entre as unidades consumidoras, as quais estão dentro da mesma área de concessão e que possuem o sistema fotovoltaico diferente do local das unidades consumidoras. Esse acordo entre as unidades consumidoras pode ser feito por meio de cooperativa, específico para pessoa física (CPF) ou consórcio, específico para pessoa jurídica (CNPJ).

Na cooperativa (**Figura 5**), o acordo é baseado na Lei Nº 5.764/1971, sendo firmado a partir de um contrato,

o qual preconiza que a sociedade cooperativa deve ser composta por mínimo 20 integrantes, em que serão identificados com o valor percentual de compensação de energia que cada um receberá. No consórcio (**Figura 6**), o acordo é definido por meio da Lei N° 6404/1976, sendo firmado por meio de um contrato social entre ao menos dois integrantes, o qual é registrado na junta comercial do estado em que estão localizados e, assim como a cooperativa, são estabelecidos pelo valor percentual.

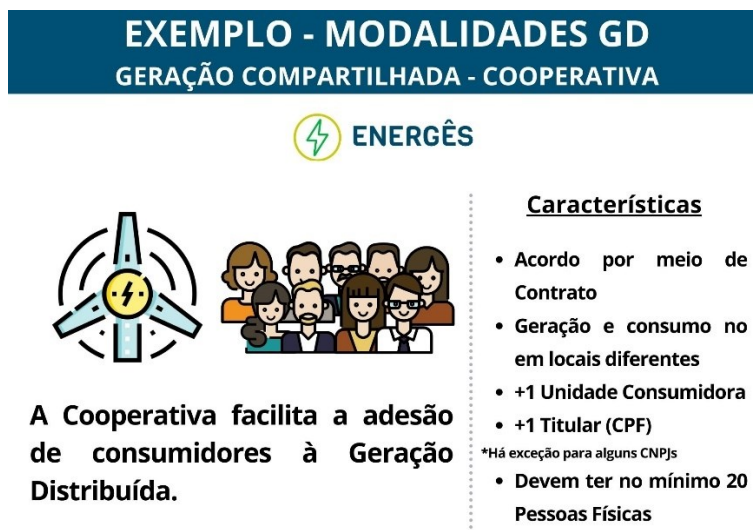


Figura 5: Exemplo e características da Geração Compartilhada - Cooperativa.
 Fonte: <https://energes.com.br/modalidades-de-geracao-distribuida/>. Acesso em: 21 de novembro de 2022.

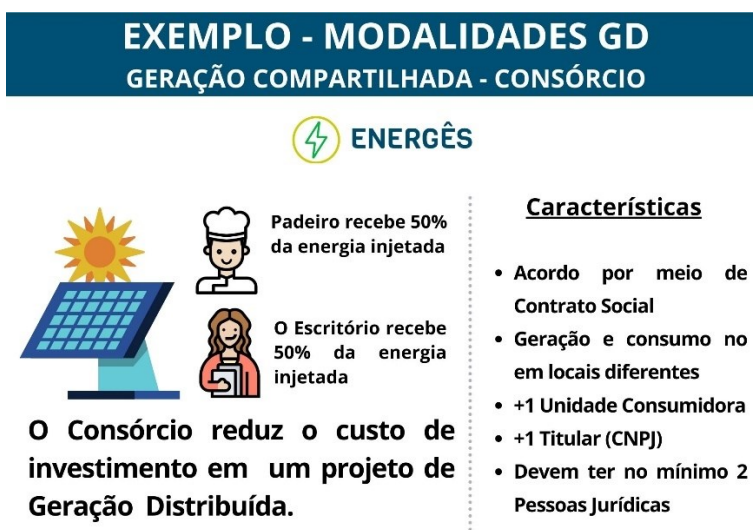


Figura 6: Exemplo e características da Geração Compartilhada - Consórcio.
 Fonte: <https://energes.com.br/modalidades-de-geracao-distribuida/>. Acesso em: 21 de novembro de 2022.

2.1.1.1.4. Condomínios

Os condomínios, também conhecidos como empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (**Figura 7**), é a modalidade em que as unidades estão situadas no mesmo local, mas utilizam energia elétrica de maneira independente, ou seja, a conexão com a concessionária é identificada por um único ponto de conexão, mas o consumo de cada unidade é medido separadamente. Essa modalidade se aplica a locais como prédios comerciais, shoppings, condomínios residenciais (verticais ou horizontais), ou unidades consumidoras que estão em propriedades uma ao lado da outra, sem serem separadas por vias públicas ou outras propriedades não integrantes do condomínio.

Assim como o autoconsumo remoto e a geração compartilhada, o empreendimento com múltiplas unidades consumidoras precisa ser estabelecido pelo valor percentual para cada localidade, conforme acordo entre os participantes. Vale ressaltar que nessa modalidade, a titularidade das unidades consumidoras participantes da lista de compensação pode ser CPFs e/ou CNPJs distintos.

EXEMPLO - MODALIDADES GD

EMUC - MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS



Renata recebe 5% da energia injetada



Rafael recebe 4% da energia injetada

Rafael e Renata moram num prédio com GD. Uma fração da energia irá para cada um deles.

Características

- Geração e consumo no mesmo local ou em locais diferentes
- +1 Unidade Consumidora
- +1 Titular (CNPJ ou CPF)
- Os créditos são divididos entre as unidades do condomínio

Figura 7: Exemplo e características dos Condomínios.

Fonte: <https://energes.com.br/modalidades-de-geracao-distribuida/>. Acesso em: 21 de novembro de 2022.

2.1.1.2. Vantagens e Desvantagens dos Sistemas *On Grid*

Os sistemas *on grid* dispensam a utilização de baterias e controladores de carga, o que torna o sistema economicamente mais vantajoso, mas, em contrapartida, necessitam do acesso à rede de distribuição de energia e, conseqüentemente, os consumidores precisam pagar uma taxa mínima por utilizarem a rede de distribuição. Além disso, por serem conectados à concessionária, possibilita ao consumidor adquirir um plano de créditos, possuindo um prazo de 60 meses para usufruir e compartilhar com outras unidades que estejam na mesma titularidade e cobertas pela mesma concessionária, possibilitando, também, acordos por meio de contratos para o compartilhamento dos créditos entre diferentes proprietários. Entretanto, caso o consumo exceda a geração, o consumidor precisa pagar a conta de luz, caso não tenha créditos disponíveis para uso na concessionária.

Economicamente, os sistemas *on grid* geram um retorno de investimento em um curto tempo, pois os componentes existentes nesse sistema, demandam um valor relativamente baixo, se comparados aos do sistema *off grid*. Além disso, precisam de uma baixa demanda e baixo custos de manutenção, isso porque, após instalados, os módulos fotovoltaicos não demandam de uma manutenção cara, é preciso apenas uma limpeza com água e sabão neutro, a qual deve ser feita periodicamente, de acordo com as condições climáticas e o nível de poluição da cidade[8]. Em adição, os níveis de energia desse tipo de sistema, possui uma melhor qualidade, pois permite folgas no fornecimento de energia durante a geração, o que causa impactos positivos nos períodos de alta produção, melhorando os níveis de tensão e a capacidade dos circuitos nos períodos em que a produção fica reduzida.

2.1.2. Sistemas *Off grid*

Os sistemas *off grid*, comumente conhecidos como isolados ou desconectados da rede, possuem o mesmo princípio de funcionamento dos sistemas *on grid*, converter energia solar em energia elétrica, mas, em contrapartida, o sistema *off grid* gera energia e a armazena em baterias, para atender a unidade consumidora a qual está conectado, sem possuir conexão com a rede de distribuição, pois é isolado da rede elétrica. Podemos detalhar o seu funcionamento da seguinte forma: o sistema capta a luz solar a partir das placas fotovoltaicas, que produzem energia em forma de corrente contínua, essa energia passa por um controlador de carga responsável pela proteção das baterias contra descargas profundas e excesso de carga, toda esta energia será armazenada em um banco de baterias e só então, passa por inversor de frequência que a converte de corrente contínua para corrente alternada, para que possa ser consumida pelos equipamentos existentes no local.

Como esse tipo de sistema não possui nenhuma conexão e nem auxílio da rede de distribuição de energia elétrica, como demonstrado na **Figura 3**, eles são dimensionados para ter, no mínimo, dois dias de autonomia, para casos de não possuir radiação solar suficiente para gerar energia. Além disso, justamente pelo fato de serem isolados, não possuem um plano de créditos como os sistemas *on grid*, impossibilitando de não ser capaz de haver mais de uma unidade no mesmo sistema, pois ele só abastece aquele local em que está conectado, assim, não possui uma gama de modalidades de compartilhamento da energia gerada e nem precisam de homologação, assim como os sistemas *on grid*.



Figura 8: Representação do funcionamento do Sistema Off Grid.

Fonte: <https://www.bigsun.com.br/energia-solar-fotovoltaica-como-funciona/>. Acesso em: 17 de novembro de 2022.

Na **Figura 8**, podemos ainda identificar os componentes do sistema fotovoltaico *off grid*. Assim como denominado e identificado na seção anterior, os sistemas *off grid* também são compostos por painel solar (1) e inversor (4), esses dois componentes são comuns em ambos os tipos de sistema, mas há uma diferença entre a funcionalidade dos inversores em cada sistema, mas, em geral, possuem a função de converter corrente contínua em corrente alternada. Além disso, possuem os controladores de carga (2) e as baterias estacionárias (3), componentes específicos dos sistemas *off grid*, os quais serão caracterizados abaixo.

Os inversores autônomos, também denominados como inversores *off grid*, são feitos para alimentar diretamente às cargas, ou seja, ele retira a energia diretamente de um banco de baterias, gera o sinal elétrico de corrente alternada e fornece a potência elétrica diretamente aos aparelhos que irão consumir a energia gerada. Esse tipo de inversor não pode ser utilizado em sistemas *on grid*, pois não possuem capacidade de interagir com o sinal da corrente alternada presente na rede, caso isso chegue a acontecer, o inversor pode explodir.

No caso dos controladores de carga, eles se caracterizam por serem equipamentos eletrônicos, os quais possuem a função de controlar a carga, ou seja, corrente elétrica, que vai para o ponto final. Sendo assim, para esse tipo de sistema, o controlador de carga servirá para controlar a corrente e manter sempre a mesma que se direciona para as baterias, porque se a bateria ficar recebendo corrente de forma instável e com bastante variação, ela irá se danificar.

Já as baterias estacionárias são componentes específicos dos sistemas *off grid*. Elas possuem a função de armazenar totalmente as cargas elétricas, as quais serão consumidas durante os períodos noturnos ou nos dias em que o tempo esteja nublado, o que dificulta e reduz a geração de energia. Outrossim, são aplicadas tipicamente em funções que demandem de corrente elétrica moderada por longos períodos, ao invés das sobrecargas de poucos segundos. Além disso, são projetadas para suportar períodos maiores de descargas, o que as fazem durar mais tempo e se adequarem ao uso nos sistemas de energia solar *off grid*.

2.1.2.1. Vantagens e Desvantagens dos Sistemas *Off Grid*

Os sistemas *off grid* podem ser utilizados em regiões remotas por serem independentes da rede de distribuição de energia elétrica, ou seja, em praias ou locais isolados, mas precisam da utilização de baterias estacionárias e controladores de carga, o que torna o sistema ambientalmente não sustentável, pois as baterias se degradam em pouco tempo e são feitas de materiais poluentes, como chumbo e lítio.

Nesse tipo de sistema, não há a necessidade de pagar a conta de luz, mas são economicamente menos viáveis, por possuírem um custo altamente elevado, assim, não possuem o mesmo retorno de investimento de um sistema *on grid*. Além disso, possui um sistema de armazenamento de energia, mas, em oposição, corre o risco do local ficar sem abastecimento de energia, caso as condições temporárias tornem a geração inviável e não tenha energia suficiente no banco de armazenamento. Em adição, esse tipo de sistema é o menos eficiente.

3. CONCLUSÕES

O sol, como recurso energético possível de gerar energia elétrica, vem ganhando conhecimento e representatividade na matriz energética brasileira. Assim como apresentado no decorrer desse artigo, uma das tecnologias que utilizam esse recurso é a energia fotovoltaica, sendo uma promissora tecnologia, limpa e renovável que, mesmo possuindo um avanço tecnológico na área, ainda é um assunto que gera confusão para alguns indivíduos, devido à gama de informações atreladas à energia solar e, por isso, surgiu o objetivo da presente revisão bibliográfica, para que os indivíduos consigam ter um melhor entendimento sobre o funcionamento dos sistemas e qual se enquadra melhor dentro das necessidades para ser adquirido.

Dessa forma, diante desse cenário e de todas as explicações vigentes atreladas aos sistemas de energia solar, é compreensível que primeiro precisa-se entender qual o problema ou necessidade, para que seja possível compreender qual seria a melhor escolha. Em linhas gerais, economicamente e ambientalmente sustentável, os sistemas *on grid* é o tipo de sistema em que a taxa de aquisição é bastante elevada, isso porque a maioria das residências, comércios e empresas possuem conexão com a rede de distribuição elétrica que, mesmo possuindo o pagamento de uma taxa de uso da rede, possui um retorno de investimento muito mais rápido que os sistemas *off grid*. Além disso, se tornam mais sustentáveis e eficientes por não possuírem baterias estacionárias, o que torna o sistema menos seguro quanto à falta de energia ou condições temporais fora do normal. Em contrapartida, os sistemas *off grid*, é a melhor opção quando se trata de locais isolados e que não possuem acesso à rede de distribuição, como é o caso de algumas praias, residências interioranas ou muito distantes da cidade.

Em algumas situações, os indivíduos ainda optam pelos chamados sistemas fotovoltaicos híbridos, esse tipo de sistema é a junção do sistema *on grid* com o sistema *off grid*, permitindo um modelo de geração de energia solar conectado à rede elétrica e ao mesmo tempo integrado a um sistema de armazenamento de energia em baterias estacionárias. Esse modelo de sistema, é indicado para situações em que se precisa de uma alimentação de cargas prioritárias, ou seja, em instalações e equipamentos que devem funcionar de forma interrupta e segura.

Com toda a análise, demonstrações e definições acerca da energia fotovoltaica, verifica-se que esse tipo de fonte renovável é um recurso eficiente para opções de soluções de problemas e necessidades advindas de elevada taxa monetária oriunda do consumo de energia elétrica, a qual possui um leque de opções, podendo serem para locais mais isolados e que não possui acesso à rede de distribuição e locais que possui esse fácil acesso.

4. REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Mudança nas bandeiras tarifárias e crise energética, 2021.
- [2] IMHOFF, J. Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.
- [3] PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014.
- [4] GREEN, M. A. et al. Solar cell efficiency tables: version 16. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Sydney, v. 8, p 377-384, 2000.
- [5] MOREIRA, O. S; SOUZA, C. C. Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. Interações (Campo Grande) [online]. 2020, v. 21, n. 2.
- [6]<https://www.arce.ce.gov.br/2015/10/16/usina-localizada-em-taua-e-pioneira-na-geracao-de-energia-fotovoltaica/>
- [7] ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, 2012
- [8] FOTAIC. Vantagens do sistema on grid, 2021. Disponível em? <Vantagens do Sistem On-Grid/Fontaic>. Acesso em 11 de novembro de 2022.