



UNIARA

Universidade de Araraquara

ENERGIA FOTOVOLTAICA- APLICAÇÃO SISTEMA ON GRID EM RESIDÊNCIA

PHOTOVOLTAIC- APPLICATION SYSTEM ON GRID

SISTEMA FOTOVOLTAICO- DE APLICACIÓN EN LA RED EN RESIDENCIA

Gabriel Ferreira Rodrigues¹, Cristiano Minotti², Fabiana Florian³

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i12.2434>

PUBLICADO: 12/2022

RESUMO

O tema trata sobre o sistema de geração de energia através da luz solar. O trabalho apresenta a explicação de termos utilizados na engenharia elétrica que são utilizados no sistema fotovoltaico. Além disso, contém dados sobre o aumento desse sistema de geração de energia ao longo dos anos no Brasil, bem como fornece informações de como é feita a instalação deste sistema, os tipos de instalações que podem ser feitas (*ongrid*, *grid-tie* ou *offgrid*) e os tipos de inversores que podem ser utilizados. Por fim é apresentado um exemplo de aplicação real de um sistema fotovoltaico *ongrid*, instalado em uma residência utilizando um micro inversor.

PALAVRAS-CHAVE: Fotovoltaico. Inversor. *Ongrid* ou *grid-tie*.

ABSTRACT

The theme deals with the power generation system through sunlight. The work presents the explanation of terms used in electrical engineering that are used in the photovoltaic system. It also contains data on the increase of this system of power generation over the years in Brazil, as well as provides information on how this system is installed, the types of installations that can be made (ongrid (grid-tie) or offgrid) and the types of inverters that can be used. The end is presented an example of the actual application of an ongrid photovoltaic system, installed in a residence using a micro inverter.

KEYWORDS: Photovoltaic. Inverter. On grid (or grid-tie).

RESUMEN

El tema trata sobre el sistema de generación de energía a través de la luz solar. El trabajo presenta la explicación de los términos utilizados en ingeniería eléctrica que se utilizan en el sistema fotovoltaico. Además, contiene datos sobre el aumento de este sistema de generación de energía a lo largo de los años en Brasil, así como proporciona información sobre cómo se instala este sistema, los tipos de instalaciones que se pueden realizar (ongrid, grid-tie o offgrid) y los tipos de inversores que se pueden utilizar. Finalmente, se presenta un ejemplo de la aplicación real de un sistema fotovoltaico ongrid, instalado en una residencia utilizando un micro inversor.

PALABRAS CLAVE: Fotovoltaica. Inversor. *Ongrid* o *grid-tie*.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da tarifa da conta de energia elétrica sempre foi uma situação constante entre os consumidores. Segundo dados da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL), as medições de energia elétrica durante os anos de 2015 a 2021 apresentaram alta de 16,3% por ano em relação a inflação. (CORSINI, 2022).

¹ Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

² Orientador. Docente Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

³ Coorientador. Docente Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

Tendo em vista esse aumento constante nas tarifas da conta de luz, as energias de fontes renováveis estão sendo mais requisitadas ao longo dos últimos anos, em especial, mais recentemente, a energia fotovoltaica. Ela consiste em transformar a energia proveniente do Sol (energia solar) através de células fotovoltaicas em energia elétrica. Por ser uma fonte de energia que não se extingue, preserva o meio ambiente (por ser considerada limpa), oferece economia de gastos.

A instalação deste sistema é realizada através da preparação do local dos módulos fotovoltaicos (popularmente conhecidos como placas solares ou painel solar) com base no projeto desenhado. A equipe que fará a instalação utiliza drones ou satélites para realizar o mapeamento do local a ser instalado o módulo. São removidas as telhas e instalados os suportes e os trilhos. Após isso o módulo fotovoltaico é alocado. Também é necessária a instalação de um inversor de frequência, tendo em vista que a corrente captada pelo painel solar está em corrente contínua (DC). O inversor de frequência irá alternar a corrente contínua para corrente alternada (AC) e irá equalizar a frequência para a utilizada no Brasil (60Hz). (PORTAL SOLAR, s.d.)

A transformação é realizada da seguinte maneira: Os módulos fotovoltaicos reagem com a luz solar e geram energia. Os módulos fotovoltaicos instalados são conectados uns aos outros e depois ao inversor solar. Este equipamento é quem faz a conversão de corrente contínua para corrente alternada. Após a conversão, a energia é transmitida do inversor para o quadro de luz, ou quadro de distribuição (QD). É utilizada a fiação existente para distribuir energia no local. A eletricidade excedente que é produzida retorna para a rede elétrica a partir do relógio de luz se for um sistema ON GRID. A energia devolvida para rede se torna créditos de energia. Esses créditos são basicamente a sobra de energia produzida pelo seu sistema que não foi utilizada e emprestada para rede pública, que quando for devolvida haverá uma compensação. Neste cenário é onde se encontra a economia. (Guia do construtor: Entenda como funciona um sistema de energia solar residencial).

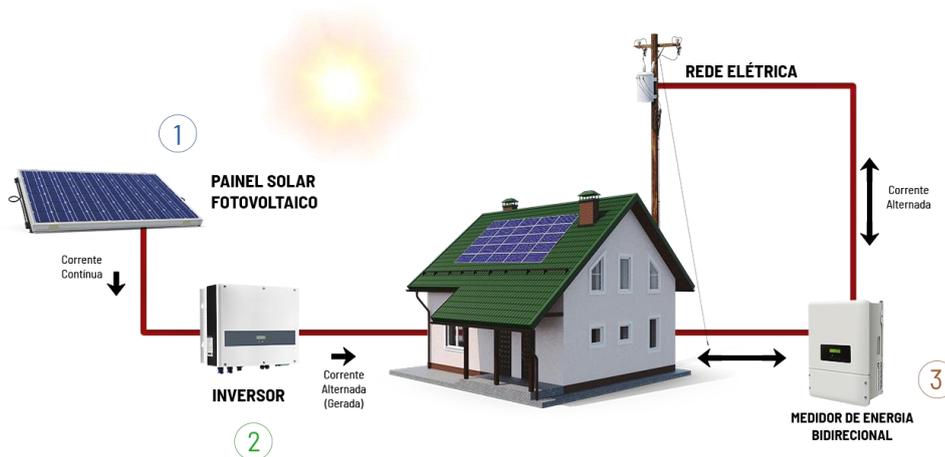


Figura 1 – Ilustração de um sistema *OnGrid*.

Fonte: <https://efeitosolar.com>

O intuito deste artigo é fornecer as principais informações sobre energia fotovoltaica, seus benefícios e uma aplicação real de um sistema *ongrid* em uma residência. O resultado esperado é

fazer com que aprendam como funciona o sistema fotovoltaico e se for de interesse, utilizem futuramente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sabe-se que um sistema de produção de energia através de placas fotovoltaicas utiliza de alguns termos específicos da elétrica. Nos parágrafos seguintes serão apresentados os principais termos em relação ao sistema de energia fotovoltaica.

Corrente contínua: No sistema fotovoltaico, a corrente contínua é a que é gerada pelas placas solares. Comumente chamada por CC (corrente contínua) do português ou DC (*direct current*) do inglês, é uma corrente que flui consistentemente em uma única direção. Ela é definida como um fluxo constante de elétrons de uma área de alta densidade de elétrons para uma área de baixa densidade de elétrons, ou de um potencial de maior energia para um de menor. (PORTAL SOLAR, s.d.).

A corrente CC é usada em qualquer dispositivo alimentado por bateria. Por exemplo, um celular ou notebook. É adequada para sistemas de armazenamento de energia elétrica, seja por baterias ou pilhas. É também uma forma utilizada para carregar baterias, por isso circuitos eletrônicos como laptops e telefones celulares vêm com um adaptador que converte corrente alternada em corrente contínua. Além disso, também é muito utilizada no sistema de geração de energia fotovoltaica (PORTAL SOLAR, s.d.).

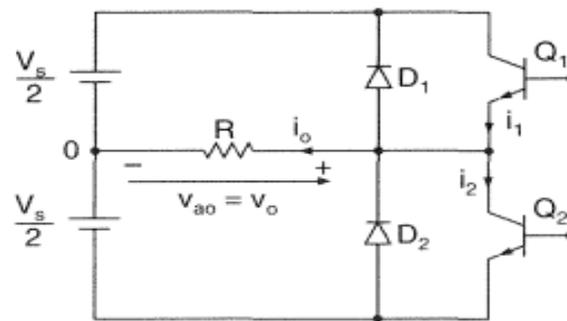
Corrente alternada: Este tipo de corrente é a que os equipamentos utilizam. Por esse motivo no sistema fotovoltaico é necessário converter a corrente captada pelas placas que é contínua para corrente alternada. Comumente conhecidas como CA (corrente alternada) do português ou AC (*alternating current*) do inglês, é uma corrente elétrica, que nada mais é do que um fluxo de elétrons que inverte sua direção muitas vezes por segundo em intervalos regulares. No Brasil e outros países que derivam o uso dos EUA a corrente padrão oscila em uma frequência de 60 vezes por segundo (60Hz), na Europa a corrente tem uma oscilação de 50 vezes por segundo (50Hz). O termo “oscilar”, significa que ela completa um ciclo, ou seja, parte de 0, chega ao seu pico positivo, depois parte para seu pico negativo e retorna ao zero novamente, formando uma senóide (PORTAL SOLAR, s.d.).

Uma das vantagens em utilizar esta corrente é o seu custo relativamente barato em fazer a transformação do nível de tensão para atender os variados tipos de aplicação e a sua facilidade em transmitir energia a longas distâncias, pois as perdas de energia são menores. Pode transformar altas tensões de transmissão para baixa tensão, permitindo a distribuição nas residências (PORTAL SOLAR, s.d.).

Conversor de Frequência: É um equipamento que converte a corrente contínua em alternada. Os conversores em CC em CA são conhecidos como inversores. A função de um inversor consiste em converter uma tensão de entrada CC em uma tensão de saída CA simétrica de amplitude e frequência desejadas. A tensão de saída pode ser fixa ou variável em uma frequência também fixa ou variável. (RASHID, 1993, p. 436).

Existem dois tipos de classificação para os inversores: monofásicos e trifásicos.

O princípio dos inversores monofásicos pode ser explicado com o auxílio da Figura 10.1a. O circuito inversor consiste em dois *choppers*. Quando somente o transistor Q_1 está conduzindo por um tempo $T/2$, a tensão instantânea sobre carga v_o é $V_s/2$. Se somente o transistor Q_2 está conduzindo por um tempo $T/2$, $-V_s/2$ aparece sobre a carga. O circuito lógico deve ser projetado tal que Q_1 e Q_2 não estejam conduzindo simultaneamente. (RASHID, 1993, p. 437).

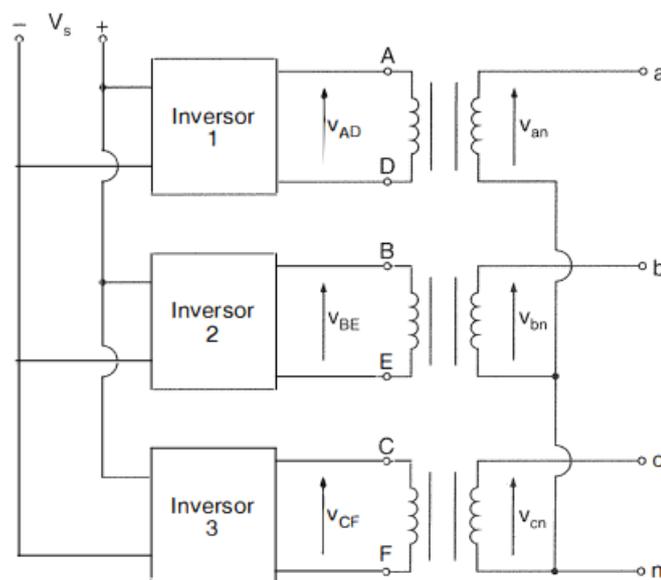


(a) Circuito

Figura 2 – Inversor monofásico meia-ponte

Fonte: (Eletrônica de Potência Circuitos, Dispositivos e Aplicações Cap. 10 p.438)

Os inversores trifásicos são normalmente utilizados para aplicações de potência elevada. Três inversores monofásicos de meia-ponte (ou completa) podem ser conectados em paralelo, como mostrado na Figura 10.4a, para formar a configuração de um inversor trifásico. (RASHID, 1993, p. 446).



(a) Esquemático

Figura 3 – Inversor trifásico formado por três inversores monofásicos.

Fonte: (Eletrônica de Potência Circuitos, Dispositivos e Aplicações Cap. 10 p. 447)

Inversor solar: Nas residências se utiliza corrente alternada. Porém as placas solares captam energia em corrente contínua, então o inversor solar é o equipamento responsável por realizar essa conversão, de corrente contínua para alternada, permitindo que a energia solar captada possa ser utilizada nas residências. O inversor faz também o monitoramento do sistema, ou seja, é através dele que é feita a rastreabilidade de qual a produção do sistema durante todos os dias do ano (PORTAL SOLAR, s.d.).

Inversor solar *grid-tie* ou *ongrid*: São os mais conhecidos e mais utilizados, pois tem um custo menor em relação ao *offgrid*, já que não utiliza baterias em seu sistema. Recebem energia em corrente contínua e transformam para corrente alternada com os mesmos parâmetros da rede. Sendo assim, ele sempre faz a leitura de quais são as características da rede (concessionária) e vai copiar essa rede para ser injetada na residência. (PORTAL SOLAR, s.d.).

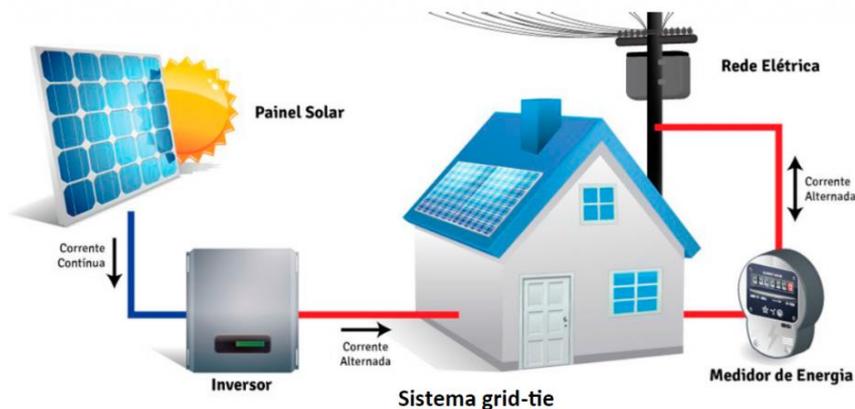


Figura 4 – Ilustração de um sistema On Grid.

Fonte: <https://www.ecomais.ind.br/energia-solar>

Inversor Solar off grid: Não é ligado à rede elétrica e cria os próprios parâmetros. Utiliza baterias para armazenar a energia captada. Por isso se houver avaria ou queda de energia pela rede (concessionária) é possível continuar utilizando energia elétrica (PORTAL SOLAR, s.d.).

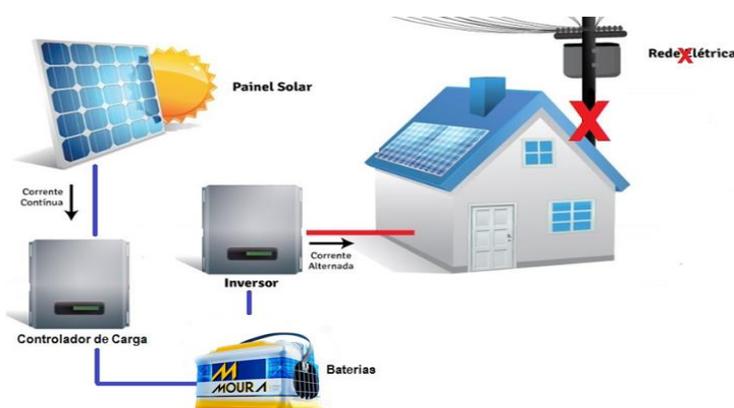


Figura 5 – Ilustração de um sistema Off Grid.

Fonte: <https://www.ecomais.ind.br/energia-solar>

Micro inversor: São equipamentos menores e são utilizados para projetos menores ou de só uma utilidade, já que pode operar com um único painel solar ocupa menos espaço e infraestrutura, reduz o custo de instalação e economiza a quantidade de cabos (PORTAL SOLAR, s.d.).

Material semicondutor: No sistema fotovoltaico, esse tipo de material é encontrado nas placas fotovoltaicas que geralmente são feitas de silício. Possuem baixa condutividade elétrica e podem ser tanto isolantes como condutores, dependendo de como são utilizados. Em condições normais, possuem quatro elétrons na camada de valência e não conduz corrente elétrica. Porém se houverem ligações químicas covalentes, o material passa a ter oito elétrons na camada de valência e torna um condutor. (Fabiana Dias/Educa mais Brasil).

3 DESENVOLVIMENTO

Sabe-se que o inversor OnGrid é integrado com a rede da concessionária (distribuidora de energia), sincroniza a frequência (Hz), tensão de saída (V), e a proteção anti-ilhamento, ou seja, desconecta com rede quando ocorre algum problema no fornecimento de energia, por exemplo, quedas de árvore, picos de tensão e manutenções em geral. (Blue Sol/Sistema fotovoltaico conectado à rede (ongrid): o guia 100% completo.)

Existem duas maneiras de se utilizar energia fotovoltaica. Pelo sistema ON Grid (ligado a rede de distribuição) e pelo sistema OFF grid (não ligado a rede de distribuição). Com base nesse conhecimento deve-se levar em consideração a escolha do inversor certo para cada tipo de instalação, já que uma das principais causas de problemas de geração e incompatibilidade são geralmente por conta da escolha errada do tipo de inversor a ser utilizado.

O inversor é uma parte importante do sistema e para não ter problemas no futuro deve-se atentar-se aos seguintes passos:

Primeiramente, deve-se identificar o tipo de rede do local que irá ser instalado o sistema fotovoltaico, se é uma rede monofásica, bifásica ou trifásica, já que o inversor monofásico pode ser conectado em uma rede bifásica ou trifásica, porém o bifásico e trifásico não poderá se conectar a uma rede monofásica. Dependendo da distribuidora, o sistema é monofásico ou bifásico é até 10kWp, porém na Eletropaulo consideram até 15kWp.

Feito isso, é necessário identificar a tensão da rede. Dependendo da região do Brasil, pode-se encontrar diversas tensões divergentes. De acordo com *(ANEXO 8.A DA RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 956, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021 FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DE TENSÕES DE REGIME PERMANENTE PROCEDIMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL – PRODIST)* tem-se tensões em volts de 220/127, 380/220, 254/127, 440/220, 208/120, 230/115, 240/120, 220/110. Através desta informação será definido o inversor compatível com a rede do local a ser instalado.

O terceiro passo é determinar a quantidade de entradas MPPT (*Maximum Power Point Tracking*), que é um sistema eletrônico lógico do inversor que procura maximizar as potências dos painéis, rastreando o ponto de maior potência do sistema fotovoltaico e através disso obter um aproveitamento melhor da geração solar incidente nas placas fotovoltaicas mantendo-as sempre na

máxima eficiência. Existem inversores com uma entrada, duas e assim por diante. Para saber quantas entradas o inversor deve ter é preciso fazer o dimensionamento dele, determinando quantas placas o inversor irá suportar. (*Vinícius César de Campos/Edeltec*).

Por fim, a escolha de uma marca confiável é de extrema importância. Para realizar essa escolha deve-se analisar alguns pontos. Se a marca escolhida oferece um suporte pós-venda, escolher um produto com histórico de durabilidade, um produto que tenha ótimas garantias e o mais importante, se o produto, neste caso o inversor, é certificado pelo Inmetro, já que se não houver a certificação o projeto não será aprovado.

A lei vigente que organiza a utilização de créditos no sistema on grid até o momento é a Lei 14.300/2022:

Art. 1º- definição I – autoconsumo local: modalidade de microgeração ou minigeração distribuída eletricamente junto à carga, participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), no qual o excedente de energia elétrica gerado por unidade consumidora de titularidade de um consumidor-gerador, pessoa física ou jurídica, é compensado ou creditado pela mesma unidade consumidora; (BRASIL, 2022).

4 RESULTADOS

Será fornecido um exemplo de instalação de um sistema fotovoltaico em uma pequena residência. Por ser um espaço reduzido, este projeto utilizou o Microinversor.

4.1 EXECUÇÃO DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL:

Considerando a aplicação real de execução de um projeto de microgeração fotovoltaica nas seguintes características:

Cidade: Motuca-SP

Características da UC (Unidade Consumidora): Categoria B1 (GED-13 CPFL) com carga instalada entre 12kW e 18kW.

Tensão de atendimento/Ramal de ligação: 127-220V / Bifásico 16mm²

Dispositivo de proteção de entrada: Disjuntor bipolar 63A

Consumo médio mensal: 200kWh

Estimativa de Geração mensal: 250kWh

Modelo/Potência dos módulos fotovoltaicos: DAH-DHM72X10-550W



Figura 6 – Placa fotovoltaica
Fonte: própria (2022).

Modelo/Potência do gerador: Microinversor Deye SUN2000G3-US-220 (2000W)



Figura 7 – Micro inversor Deye
Fonte: <https://loja.trxsolar.com/inversor-solar/microinversor>

Tipo de telhado: Colonial

Estrutura do telhado: Madeira

Ângulo de inclinação: 20°

Orientação (Azimute): 45°

Aterramento: A edificação possui aterramento.

1. Faz-se uma análise *in loco* das condições da instalação para obtenção das informações supracitadas. Utiliza-se trena, um drone para filmagem e mapeamento de área e um bloco de anotações.

2. Define-se o melhor modelo de gerador para o consumidor, considerando o consumo médio mensal, a projeção de consumo para os próximos meses e eventuais unidades beneficiárias que ele queira incluir no sistema de compensação.

3. Uma vez chegado os equipamentos, inspeciona-se todos os itens no ato do recebimento a fim de se garantir a integridade dos equipamentos.

4. É enviado para a concessionária local uma pasta de documentos por meio digital, contendo os seguintes documentos:

- Certificado INMETRO do Inversor
- ART
- Certidão do CREA-SP (no caso) do Profissional Responsável:
- Arquivo CAD de projeto, contendo: Planta de Localização, Planta de Situação e Diagrama Unifilar.
- Fotos do Dispositivo de Proteção/Padrão de Entrada
- Anexo E (Formulário CPFL Comercial)
- Anexo F (Formulário CPFL Técnico)

O projeto está apto para a execução a partir do momento que for aprovado.

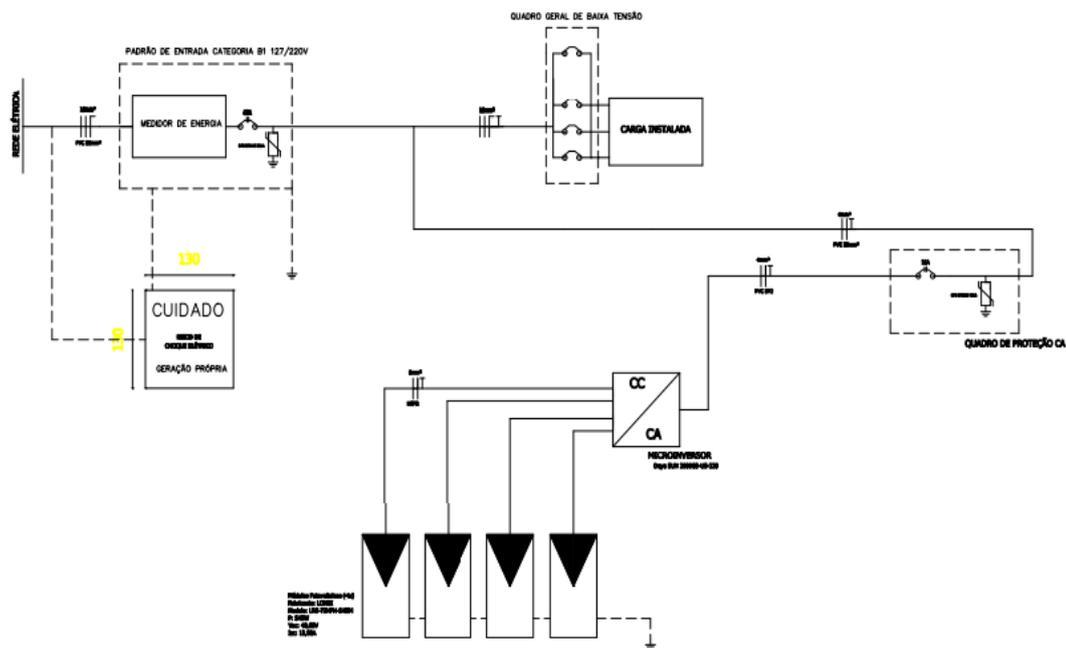


Figura 8 – Projeto elétrico

Fonte: própria (2022).

4. 2 INSTALAÇÃO DO SUPORTE/FIXAÇÃO DOS MÓDULOS:

A instalação dos suportes de fixação em telhado cerâmico ocorre da seguinte forma:

São utilizados ganchos em inox com ajuste de altura e ajuste lateral. O gancho é parafusado sobre o caibro. A quantidade de ganchos depende do tamanho da placa.

Após a instalação dos ganchos, é colocado o trilho. A placa fotovoltaica é alocada no trilho e utiliza-se grampos terminais para realizar sua fixação na extremidade. O micro inversor também é instalado no trilho e nele é alocado um cabo de aterramento através do grampo de aterramento.



Figura 9 – Estrutura de fixação para telhados tipo colonial
Fonte: <https://academiadosol.com.br/>.

4.3 COMISSIONAMENTO/TESTES:

Faz-se um checklist a fim de garantir que todos os requisitos de projeto estão em conformidade com a instalação.

É necessário a instalação de uma placa que identifique que a residência é geradora de energia.

Tal documento é datado e assinado pelo responsável técnico.

Mede-se a resistência do aterramento local a fim de garantir o valor de referência previsto na NBR5410.

4.4. TROCA DO MEDIDOR:

Solicita-se a inspeção do sistema e a troca do medidor para o modelo bidirecional.

4.5 ACOMPANHAMENTO DA GERAÇÃO:

O acompanhamento é feito através do monitoramento via web e app fornecidos pelo fabricante do inversor.

O consumidor pode acompanhar sua geração, seu consumo, a injeção de energia na rede elétrica e a eventual sobra da geração (créditos gerados).

5 CONCLUSÃO

Através deste trabalho foi possível compreender o funcionamento de um sistema fotovoltaico On GRID e OFF GRID. Além disso foram apresentados os tipos de inversores que são utilizados neste sistema.

Foi dado como exemplo real a instalação de um sistema fotovoltaico em uma cidade local do estado de São Paulo, em que foi utilizado o sistema ON Grid (ligado a rede de distribuição) com um micro inversor, que por ser uma residência de porte pequeno, ele é o mais adequado para a situação.

Em Relação ao módulo fotovoltaico utilizado na aplicação real, a escolha dele se deu com base nas informações da folha de dados: Alta potência, alta eficiência, níveis de tensão e corrente compatíveis com a potência nominal do inversor e boa reputação da marca.

Depois de instalado o sistema de geração de energia fotovoltaica funciona da seguinte forma: Durante um dia ensolarado acontece a geração de energia através das placas solares instaladas. A energia produzida alimenta a casa até o limite do excedente. Logo, em dias ensolarados no período diurno não se gasta energia da rede. Porém não ocorre geração de energia durante a noite e em dias cujo não são ensolarados, por conta disso, o que é consumido durante esse período é utilizado a energia da rede elétrica de distribuição. Nos dias ensolarados, o excedente produzido é injetado na rede e posteriormente transformado em créditos. É realizado o cálculo baseado nos dados do medidor de quanto foi gerado e quanto foi injetado na rede pela concessionária responsável para concessão de descontos na fatura.

Este trabalho tem como objetivo fornecer informações e vantagens de um sistema de geração de energia de fonte renovável que está com um alto crescimento no mundo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); Disponível em: Base Legislação da Presidência da República - Lei nº 14.300 de 06 de janeiro de 2022 (presidencia.gov.br).

CORSINI, Iuri. Energia elétrica aumentou mais do que o dobro da inflação nos últimos anos. **CNN Brasil**, 18 jan. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/energia-eletrica-aumentou-mais-do-que-o-dobro-da-inflacao-nos-ultimos-anos/#:~:text=Os%20dados%20s%C3%A3o%20da%20Associa%C3%A7%C3%A3o,6%2C7%25%20ao%20ano>. Acesso em: 13 jun. 2022.

DIAS, Fabiana. SEMICONDUTORES. **Educa Mais Brasil**, s. d. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/semicondutores>. Acesso em: 13 jun. 2022.

GARCIA MARQUEZ, Karem Soraia. **Elementos Químicos – Silício**. São Paulo: CRQ, s. d. Disponível em: https://www.crq4.org.br/artigo_silicio#:~:text=O%20sil%C3%ADcio%20%C3%A9%20o%20s%C3%A9t%20de%20%C3%B3xidos%20ou%20silicatos. Acesso em: 13 jun. 2022.

GUIA DO CONSTRUTOR. **Entenda como funciona um sistema de energia solar residencial**. Sorocaba, SP: Guia do Construtor, s. d. Disponível em:

<https://www.quiadoconstrutor.com.br/blog/como-funciona-a-energia-solar-residencial>. Acesso em: 13 jun. 2022.

PORTAL SOLAR. **Como instalar energia solar: passo a passo**. [S. l.]: Portal Solar, s. d. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-instalar-energia-solar.html>. Acesso em: 13 jun. 2022.

PORTAL SOLAR. **Corrente elétrica contínua e alternada (CC E CA)**. [S. l.]: Portal Solar, s. d. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/corrente-eletrica-continua-cc-alternada-ca>. Acesso em: 13 jun. 2022.

PORTAL SOLAR. **O inversor solar**. [S. l.]: Portal Solar, s. d. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/o-inversor-solar.html>. Acesso em: 13 jun. 2022.

RASHID, Muhammad H. **Eletrônica de potência – Circuitos, dispositivos e aplicações**. São Paulo: Ed. Makron Books Ltda. 1999.