

**CENTRO PAULO SOUZA  
ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETTO  
Técnico em Eletrotécnica**

**Letícia da Silva Machado**

**Daniel Gil**

**Rawan Luttierhy Cardoso Neves**

**Vinícius Eduardo Rodrigues**

**ESTUDO E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO  
CONECTADO A REDE EM UMA RESIDENCIA**

**São José do Rio Preto/SP**

**2022**

**Letícia da Silva Machado**  
**Daniel Gil**  
**Rawan Luttierhy Cardoso Neves**  
**Vinícius Eduardo Rodrigues**

**ESTUDO E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO  
CONECTADO A REDE EM UMA RESIDENCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Etec Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo Prof. Mario Kenji Tamura, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em eletrotécnica.

**São José do Rio Preto/SP**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus que nos deu a capacidade, força e inteligência para vencermos mais esta etapa em nossas vidas, as nossas famílias que sempre estiveram ao nosso lado dando apoio e nos motivando para que continuássemos perseverantes nesta caminhada, a todos os professores da Etec Philadelpho Gouvêa Netto, pela paciência, dedicação e disponibilidade de nos passar seus conhecimentos e principalmente suas experiências e aos colegas de classe que caminharam junto conosco.

“A natureza usa a energia solar há milhares de anos e bem usada. Só a raça humana ainda não conseguiu usar em toda sua possibilidade”

Cello Vieira

## RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo do estudo da implementação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de baixa tensão na cidade de Bady Bassitt estado de São Paulo, para suprir o consumo de energia elétrica de uma residência. Considerando que a barreira técnica para a disseminação dessa forma de produção de energia descentralizada já foi superada, estudar a viabilidade econômica de sua instalação poderá ajudar na propagação dessa tecnologia no país. A questão de busca de fontes alternativas e renováveis de produção de energia elétrica, que não ocasionam graves problemas ambientais, há muito deixou de ser uma utopia. Já é uma realidade concreta e confiável, visível em muitos países considerados desenvolvidos. Hoje em dia, é possível encontrar telhados fotovoltaicos em várias edificações de diversos tipos em centros urbanos, gerando energia limpa. No Brasil, a energia solar fotovoltaica ainda não conseguiu superar a barreira econômica, pois o valor de implementação dos módulos fotovoltaicos continua tendo um custo elevado para quem deseja adquirir esta tecnologia. Este trabalho mostra que a produção de energia solar fotovoltaica está em vias de se tornar um investimento ao alcance da população, mas ainda necessita de um ambiente mais favorável para sua expansão onde incentivos fiscais e de produção sejam concedidos por parte do governo, justificado pelo impacto ambiental que a disseminação desta tecnologia proporcionaria.

## ABSTRACT

The present work has the objective of studying the implementation of a photovoltaic system connected to the low voltage electrical grid in the city of Bady Bassitt, state of São Paulo, to supply the electrical energy consumption of a residence. Considering that the technical barrier to the dissemination of this form of decentralized energy production has already been overcome, studying the economic feasibility of its installation may help in the propagation of this technology in the country. The question of searching for alternative and renewable sources of electricity production, which do not cause serious environmental problems, has long ceased to be a utopia. It is already a concrete and reliable reality, visible in many countries considered developed. Nowadays, it is possible to find photovoltaic roofs in several buildings of different types in urban centers, generating clean energy. In Brazil, photovoltaic solar energy has not yet been able to overcome the economic barrier, as the value of implementing photovoltaic modules continues to have a high cost for those who wish to acquire this technology. This work shows that the production of photovoltaic solar energy is on the way to becoming an investment within the reach of the population, but it still needs a more favorable environment for its expansion where tax and production incentives are granted by the government, justified by the impact environmental impact that the dissemination of this technology would provide.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1. Justificativa	7
1.2. Materiais e métodos de pesquisa	7
1.3. Revisão Bibliográfica	8
1.4. Classificação dos Sistemas Fotovoltaicos	9
1.4.1. Sistemas fotovoltaicos Isolados	9
1.4.2. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede	10
1.5. Componentes do Sistema Fotovoltaico	12
1.5.1. Paineis solares	12
1.5.2. Inversores	14
1.5.3. Material Elétrico	16
1.5.4. Estrutura	17
1.5.5. Medidor Bidirecional	21
1.5.6. Monitoramento de energia solar	21
<b>2. OBJETIVO</b>	<b>22</b>
2.1. Localização do imóvel:	23
2.2. Calculo Fotovoltaico Efetuado	24
2.3. Analise do payback	27
2.4. Dimensionamento para Instalação dos painéis	28
2.5. Garantia do Equipamento	28
2.6. Componentes utilizados na instalação	28
2.7. Esquema Unifilar	29
2.8. Imagens da Instalação	30
<b>3. CONCLUSÃO</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O termo "fotovoltaico" tem origem etimológica nas palavras phos, que significa "luz" em grego e voltaico, em referência ao físico italiano Alessandro Volta, grande estudioso da eletricidade e inventor da pilha voltaica. Sendo assim, a energia solar fotovoltaica é aquela obtida através da conversão direta da luz em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico.

Dessa maneira, o sistema fotovoltaico é um conjunto de equipamentos que juntos formam um gerador de energia por onde se torna possível transformar a energia solar fotovoltaica em energia elétrica na forma que conhecemos.

A célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, é a principal unidade desse processo de conversão. Diferentemente do que acontece com outros tipos de geradores elétricos que realizam o trabalho através da queima de material orgânico, combustíveis fósseis e carvão, e que geram subprodutos como resíduos, calor, ruído e fumaça, por exemplo, os geradores de energia solar fotovoltaica trabalham de maneira limpa, sem ruídos e não geram qualquer tipo de descarte.

A única perda existente no processo de transformação da luz solar em energia elétrica é o calor oriundo das células fotovoltaicas que acaba sendo expelido pela superfície do módulo fotovoltaico. Por esses motivos é que o uso dessa tecnologia vem aumentando dia a dia, pois os sistemas fotovoltaicos podem ser aplicados nos mais variados tipos de ambientes, dos litorâneos aos montanhosos, dos residenciais aos industriais, desde que recebam incidência de radiação solar.

Podendo ser formado pela combinação de módulo fotovoltaico, controlador de carga, bateria e inversor, um sistema fotovoltaico típico é classificado como isolado ou conectado à rede, dependendo apenas de características construtivas e aplicabilidade.

### 1.1. Justificativa

O estudo e desenvolvimento de tecnologia fotovoltaica é de grande importância para a sustentabilidade, dada a escassez de recursos naturais e o aumento da demanda por oferta de recursos energéticos renováveis. A energia solar é o aproveitamento de uma fonte de energia que possuímos em abundância, visando a preservação do meio ambiente e em contrapartida a economia financeira.

O Brasil recebe uma insolação (número de horas de brilho do Sol) superior a 3000 horas por ano, sendo que na região Nordeste há uma incidência média diária entre 4,5 a 6 kWh. É o país com a maior taxa de irradiação solar do mundo

### 1.2. Materiais e métodos de pesquisa

Estudo de normas técnicas, resoluções e leis que regulamentam o sistema de geração distribuída de energia solar. Projeto, memorial de cálculo, planilhas de custos e registros fotográficos da residência usada como estudo para implementação da usina.

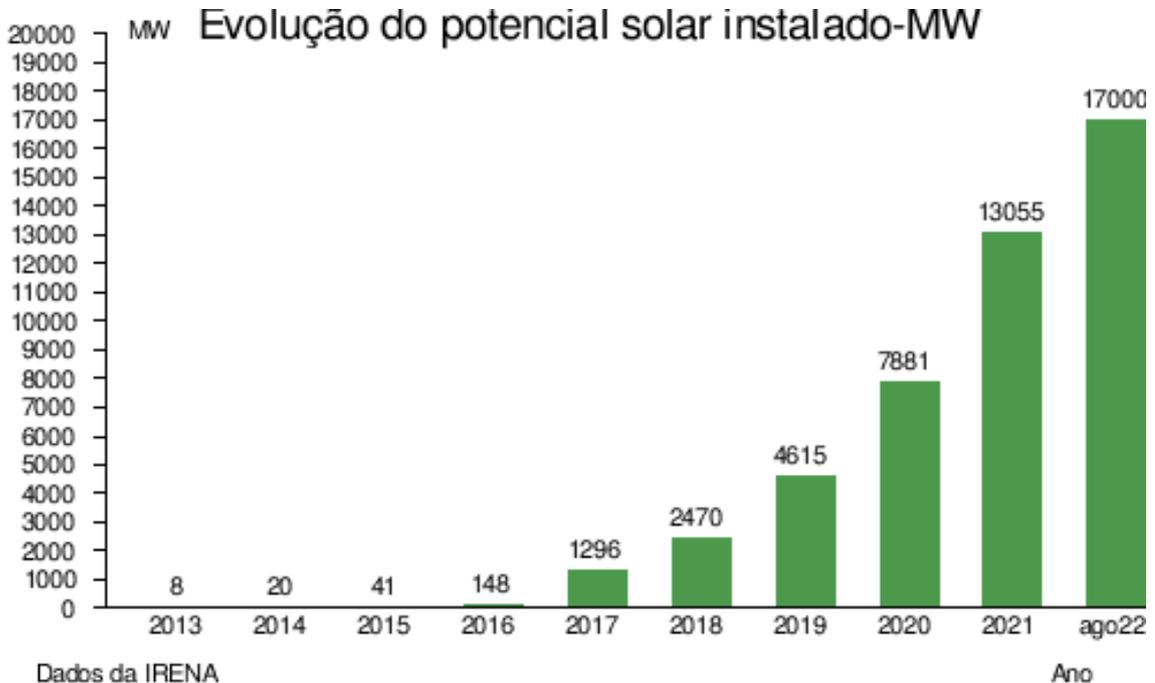
### 1.3. Revisão Bibliográfica

A energia solar é uma das energias alternativas que mais vêm ganhando espaço no cenário e no mercado de energias. É considerada uma fonte de energia alternativa limpa e renovável, além de apresentar bom custo-benefício. Trata-se de um recurso abundante, principalmente nas regiões intertropicais. Países que se encontram entre os trópicos possuem enorme potencial para a produção desse tipo de energia.

A energia solar é captada por células fotovoltaicas presentes em painéis solares. Pode ser obtida de forma direta, por meio dos painéis constituídos por essas células fotovoltaicas ou coletores instalados nos telhados das residências, ou ainda de forma indireta, por meio da construção de usinas em áreas de intensa insolação, nas quais são instalados diversos coletores de energia solar.

A energia solar no Brasil tinha capacidade instalada de 17 GW em agosto de 2022. Em 2021 o Brasil era o 14º país do mundo em termos de potência instalada de energia solar (13 GW). e o 11º país do mundo que mais produzia energia solar (16,8 TWh). Do total da matriz energética brasileira instalada, 2,48% era composta pelos sistemas solares fotovoltaicos em outubro de 2021. Em meados de 2019, tinha o equivalente a 2,9 GW de potência instalada. Esse valor, em 2018, era de 1,19 GW e correspondia a 0,75%, conforme gráfico abaixo.

Gráfico 1 - A evolução do potencial instalado no país.



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia\\_solar\\_no\\_Brasil](https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_solar_no_Brasil)

## 1.4. Classificação dos Sistemas Fotovoltaicos

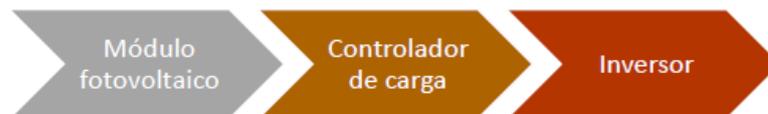
Por serem geradores de energia elétrica, os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo com sua topologia perante o meio mais comum de fornecimento de eletricidade, a rede de distribuição pública de energia elétrica. Dessa forma, os sistemas fotovoltaicos isolados são aqueles que não possuem qualquer tipo de interligação com a rede de distribuição de energia. Já, por outro lado, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede são aqueles que dependem da interconexão com a rede para realizar a transformação da radiação solar em energia elétrica.

### 1.4.1. Sistemas fotovoltaicos isolados

#### ✓ Autônomos sem armazenamento

Os sistemas fotovoltaicos isolados são formados pelo conjunto de módulos fotovoltaicos, controlador de carga e inversor. Compostos pela união das células fotovoltaicas, os módulos fotovoltaicos são os responsáveis por captar a luz solar e convertê-la em eletricidade através do efeito fotovoltaico. O controlador de carga faz a interligação entre os módulos e o inversor. A principal função desse dispositivo é fornecer um controle ativo sobre a energia que está sendo gerada de maneira a entregá-la com qualidade ao inversor, uma vez que, na grande maioria, esses controladores promovem o melhor aproveitamento possível da energia através do máximo ponto de potência ou do termo em inglês, *maximum power point tracking* (MPPT). Por fim, o inversor fica responsável por fazer a conversão da eletricidade gerada para os padrões de consumo conhecidos, sejam eles em corrente contínua ou alternada. Por não possuírem o armazenamento de energia através de baterias, esse tipo de sistema fotovoltaico tem uma aplicação mais restrita aos locais onde a conversão deve ser utilizada instantaneamente pela carga durante o período de geração. Além disso, por ser totalmente dependente da disponibilidade momentânea de luz solar, o fornecimento de energia elétrica é instável, não garantindo alimentação constante à carga.

Figura 1 - Sistema fotovoltaico autônomo sem armazenamento.



Fonte: Livro Digital - Introdução aos sistemas Fotovoltaicos - Bluesol

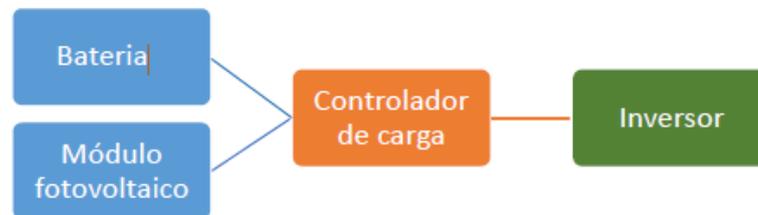
#### ✓ Autônomos com armazenamento

O sistema fotovoltaico autônomo com armazenamento, assim como o anterior, segue a mesma topologia estudada, composta por módulo fotovoltaico, controlador de carga e inversor. No entanto, a novidade surge através da conexão de baterias para realizar o acúmulo de energia.

O ponto principal da discussão sobre as diferenças entre os modelos estudados é que os sistemas com armazenamento podem ser mais amplamente utilizados, pois possuem a capacidade de fornecer energia elétrica de forma constante e ininterrupta enquanto perdurar a capacidade energética das baterias. Essas por estarem conectadas ao controlador de carga, fornecem energia para o inversor com melhor

qualidade e com menos oscilações, já que períodos de baixa geração pode ser corrigidos pela energia armazenada. Além disso, o sistema passa a ter maior confiabilidade, pois conta com duas fontes de energia, ora oriunda do módulo fotovoltaico e ora da bateria.

Figura 2 - Sistema fotovoltaico autônomo com armazenamento.



Fonte: Livro Digital - Introdução aos sistemas Fotovoltaicos - Bluesol

#### 1.4.2 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede

Como o nome já diz, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede são aqueles onde existe, obrigatoriamente, a conexão do sistema gerador com a rede de distribuição de energia elétrica. Para esse tipo de topologia, além dos módulos fotovoltaicos, mantêm-se também os papéis do controlador de carga e inversor. Porém, esses últimos passam a ser representados através de um único equipamento, o “inversor interativo”. Além de ser o responsável por amplificar o aproveitamento da energia oriunda dos módulos fotovoltaicos através do uso de MPPTs e convertê-la com maior rendimento pela maior quantidade de tecnologia embarcada, agora o inversor interativo também carrega as funções de vigilante dos parâmetros elétricos da rede de distribuição, para que a energia gerada e injetada tenha as mesmas características da fonte primária.

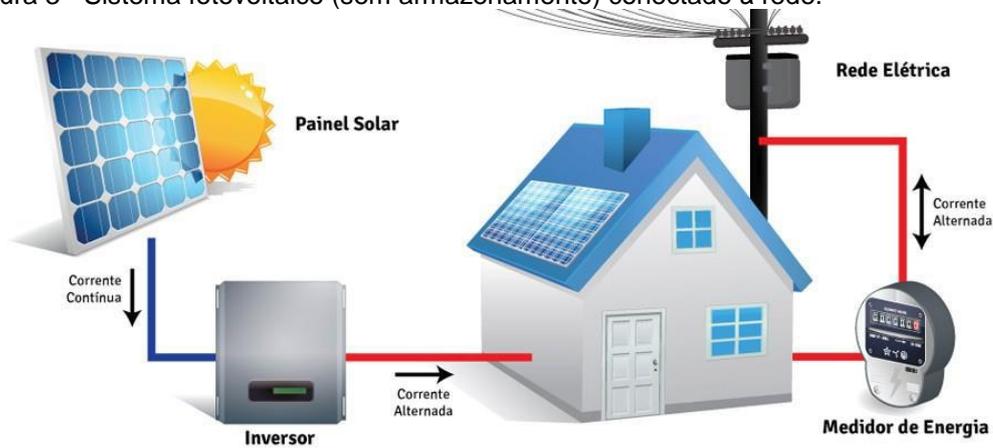
Os geradores fotovoltaicos conectados à rede fazem parte de um complexo e interligado sistema de fornecimento de energia elétrica com inúmeros agentes, consumidores e outros vários geradores solares, eólicos, hidrelétricos, térmicos, entre outros. Por esse motivo, precisam respeitar inúmeras regras de conformidade técnica e de proteção, para que estejam aptos e autorizados a operarem em paralelismo com a rede de distribuição. Os parâmetros mais comuns a serem respeitados por esse tipo de sistema gerador são os valores de tensão ou popularmente conhecidos como “voltagem da rede” e frequência. Não é à toa que os inversores interativos são denominados os “cérebros” dos sistemas fotovoltaicos.

##### ✓ Conectados sem armazenamento

Os sistemas sem armazenamento são o tipo mais comum de geradores fotovoltaicos conectados à rede. Representados pela sigla SFCR (sistema fotovoltaico conectado à rede), têm sua aplicação garantida pela Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015 da ANEEL, onde são expressas as regras e termos que garantem o direito de qualquer consumidor, que seja abastecido pela rede de distribuição de energia, gerar a própria energia através de um sistema fotovoltaico. Naturalmente, por esse tipo de gerador operar em paralelismo constante com a rede de distribuição e depender exclusivamente dela para obter os parâmetros técnicos de referência para a injeção de energia, o SFCR não tem a capacidade de permanecer em funcionamento na falta de energia elétrica oriunda da rede de distribuição pública, não servindo, portanto, como fonte primária ou emergencial de energia. Outro fato

relevante é que o sistema conectado não pode fornecer energia para a rede elétrica em conjunto de um banco de baterias. Dessa forma, para estar conectado, o SFCR não pode conter um sistema de armazenamento de energia.

Figura 3 - Sistema fotovoltaico (sem armazenamento) conectado à rede.



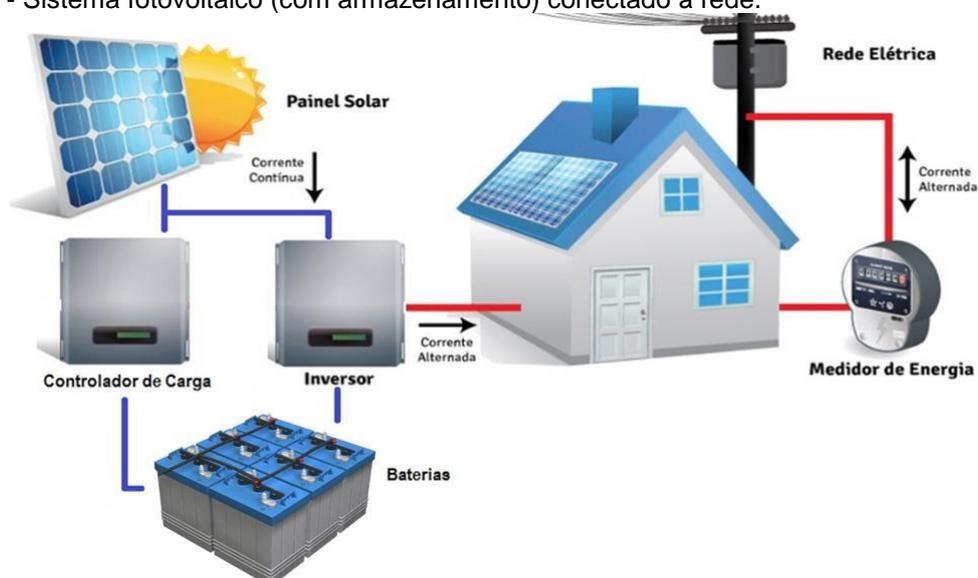
Fonte:

<https://ribsol.com.br/sistemas-fotovoltaicos/>

### ✓ Conectados com armazenamento

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede com armazenamento são os mesmos geradores estudados anteriormente, mas agora com a presença de baterias junto ao circuito elétrico. Por terem a energia elétrica oriunda de duas fontes de abastecimento, módulos e baterias, esses sistemas são popularmente conhecidos como híbridos. Reunindo as melhores características dos sistemas autônomos e conectados, os híbridos têm a capacidade de fornecer energia elétrica para as cargas em horários diferentes daqueles de geração fotovoltaica ou em momentos onde a fonte solar não se faz presente. Nesse tipo de configuração, onde há a presença de baterias, têm-se novamente o uso dos controladores de carga como parte integrante do sistema, única e exclusivamente com a finalidade de controlar os momentos em que as baterias, ora estão fornecendo energia para as cargas e ora estão recebendo energia para se carregarem.

Figura 4 - Sistema fotovoltaico (com armazenamento) conectado à rede.



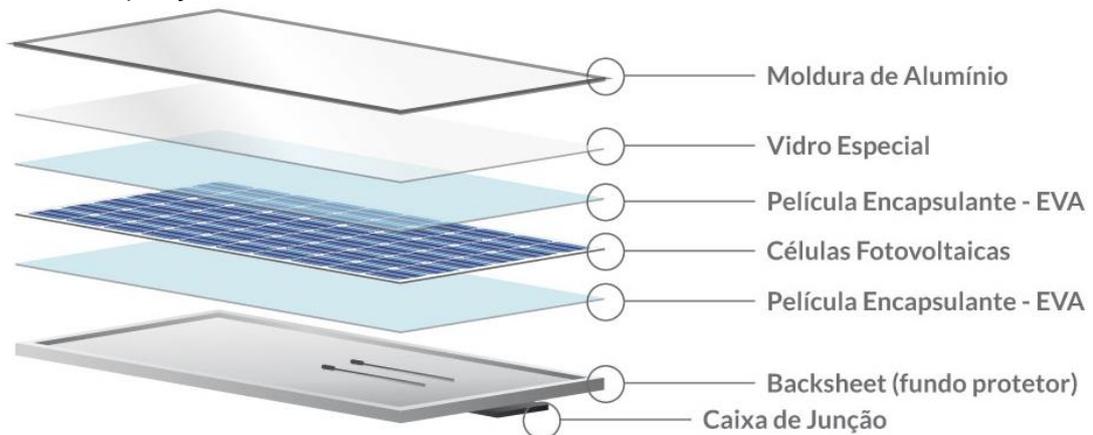
Fonte: <https://ribsol.com.br/sistemas-fotovoltaicos/>

## 1.5. Componentes do Sistema Fotovoltaico

### 1.5.1. Painéis solares

O principal elemento para a geração da energia solar é o painel fotovoltaico. É a partir dele que a luz do sol incide sob as células fotovoltaicas, fazendo com que os elétrons se movimentem e produzam a corrente elétrica, são compostos por moldura de alumínio, vidro especial, película encapsulante (EVA), células fotovoltaicas, backsheet (fundo protetor e caixa de junção, montados conforme figura abaixo:

Figura 5 – Composição do Painel Fotovoltaico

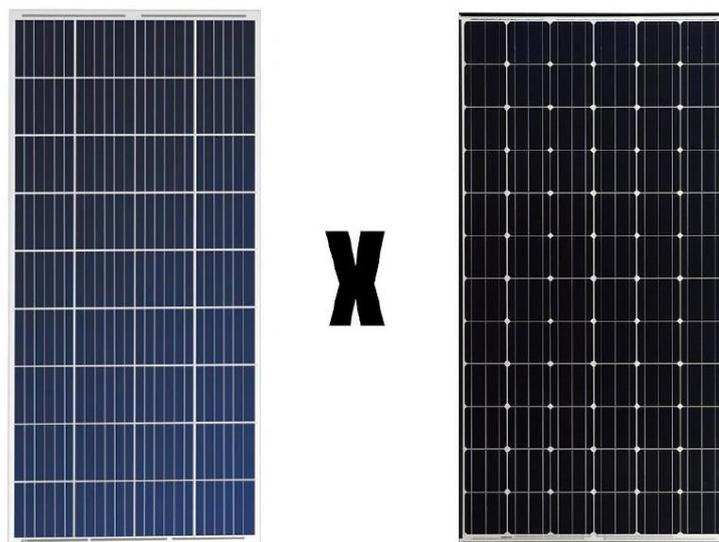


Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Existem 2 (dois) tipos de painéis solares o monocristalino e o policristalino;

Figura 6 – Tipos de Painel Fotovoltaico

## POLICRISTALINO X MONOCRISTALINO



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

## ✓ Policristalino

Os primeiros painéis solares à base de silício Policristalino, que também são conhecidos como Polisilício (p-Si) e silício Multi-cristalino (mcSi), foram introduzidos no mercado em 1981. Ambos, mono e policristalino são feitos de silício, a principal diferença entre as tecnologias é o método utilizado na fundição dos cristais. No Policristalino, os cristais de silício são fundidos em um bloco, desta forma preservando a formação de múltiplos cristais (daí o nome policristalino). Quando este bloco é cortado e fatiado, é possível observar esta formação múltipla de cristais. Uma vez fundido, eles são serrados em blocos quadrados e, em seguida, fatiados em células assim como no monocristalino, mas é um pouco mais fácil de produzir.

Figura 7 - Painel Fotovoltaico policristalino



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

### Características Visuais:

Blocos de células quadrados.  
Cor: Tons de azul a azul escuro.  
Formação múltipla de cristais.

### Vantagens:

Mais simples de produzir.  
Mais baratos que os módulos monocristalinos. Vida útil maior que 30 anos.  
Custo por Watt mais atrativo.

### Desvantagens:

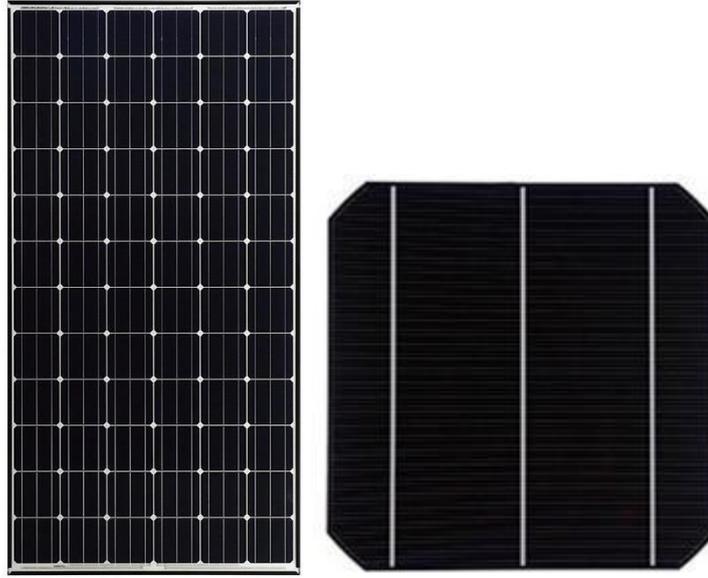
A eficiência é tipicamente entre 14 e 18%.  
Menor pureza do Silício.  
Normalmente é necessária uma área maior de módulos para gerar a mesma quantidade de Watts/m<sup>2</sup> que o painel monocristalino.

## ● Monocristalino

A tecnologia Monocristalina possui a eficiência mais alta. Os painéis solares de silício Monocristalino (Mono-Si) são facilmente reconhecíveis olhando de perto. Possuem uma cor uniforme, indicando silício de alta pureza e cantos tipicamente arredondados.

Eles são feitos a partir de um único cristal de silício ultra puro, este é fatiado como um "salame" fazendo assim, lâminas de silício individuais, que são então tratadas e transformadas em células fotovoltaicas. Cada célula fotovoltaica circular tem seus "4 lados" cortados fora para otimizar o espaço disponível no painel solar Monocristalino e aproveitar melhor a área do painel. O painel solar é composto por uma matriz de células fotovoltaica sem formações de série e paralelo.

Figura 8 - Painel Fotovoltaico monocristalino.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

#### Características Visuais:

Blocos de células com cantos tipicamente arredondados.

Cor uniforme preta.

Silício de alta pureza.

#### Vantagens:

Possuem a eficiência mais alta, entre 15% a 22%.

Ocupam menos espaço, uma vez que possuem uma eficiência maior, onde é necessário menos espaço para gerar a mesma quantidade de energia elétrica.

Vida útil maior que 30 anos.

Tende a ser melhor que o policristalino em condições de pouca luz.

#### Desvantagens:

Módulos monocristalinos são mais caros.

Maior desperdício de Silício no processo de fabricação.

Custo por Watt menos atrativo.

### 1.5.2 Inversores

Basicamente, a função do inversor é transformar a corrente elétrica de contínua (CC) para alternada (CA), além de garantir o fluxo regular da eletricidade e segurança. Nos sistemas conectados à rede (on-grid), o inversor também é

responsável pela sincronia com a rede da concessionária. Como a maioria dos aparelhos eletrônicos utilizam energia na forma alternada, o papel do inversor é essencial. Existem dois tipos de inversores, o inversor string ou comum (tradicional) e o micro inversor conforme imagens abaixo:

Figura 9 - Inversor String ou Comum (tradicional)



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 10 - Micro Inversor



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

É importante ressaltar que tanto o micro inversor quanto o inversor string ou comum são tipos de inversores. Ambos são utilizados com a mesma finalidade e representam uma parte fundamental dos kits solares fotovoltaicos.

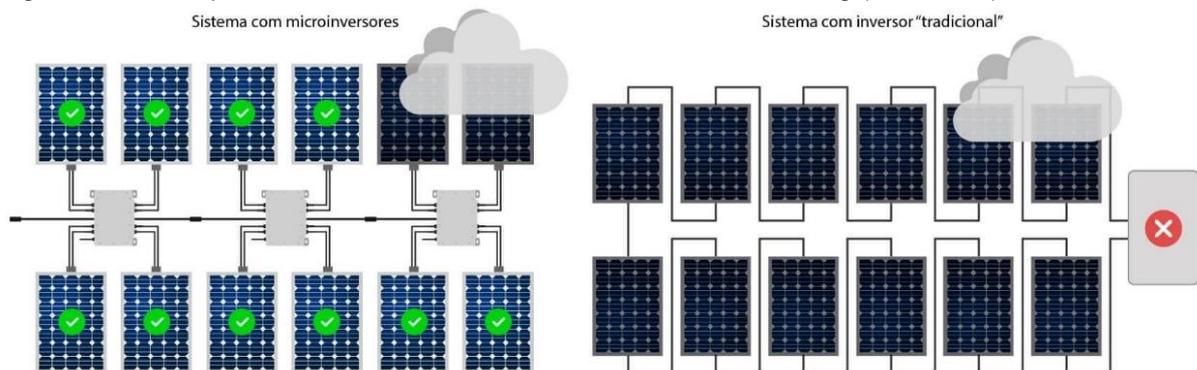
A diferença que mais chama atenção ao compararmos um inversor solar de string e um micro inversor (ou micro inversor) é o tamanho: **o inversor string é maior** e suporta potências mais altas em apenas um equipamento. Os inversores string são maiores porque, normalmente, possuem potências superiores às dos micros inversores, já que sua aplicação mais comum visa atender uma “string” (ou “série”) de painéis, composta por diversas placas solares fotovoltaicas.

Já o micro inversor, como o próprio nome indica, é menor e tem potências inferiores que a maioria dos inversores string. O tamanho é reduzido pois a

proposta também é atender a menos painéis solares e otimizar cada um deles individualmente. Geralmente os micros inversores são feitos para suportar até 4 painéis, sendo que cada um deles é ligado diretamente no micro inversor sem estarem conectados entre si.

Ao contrário do micro inversor, que otimiza as placas solares fotovoltaicas “individualmente”, o inversor string sempre tratará várias placas como um conjunto (e, assim, uma diferença de qualquer uma delas acabará por prejudicar todas). Por conta disso, se existir sombreamento em um ou mais painéis, o sistema fotovoltaico como um todo é comprometido em maior proporção quando trabalhamos com inversores string. Já com o micro inversor, cada placa solar será otimizada de forma separada por seu MPPT independente. Assim, uma perda localizada (como o sombreamento de um módulo) não prejudicará todo o sistema de energia solar, na imagem abaixo pode-se verificar essa diferença.

Figura 11 – Exemplo de eficiência entre Micro Inversor e Inversor String (tradicional).

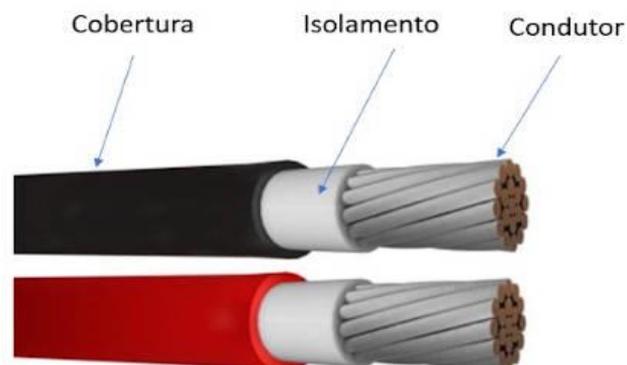


Fonte: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/microinversor>

### 1.5.3. Material Elétrico

Para garantir a segurança dos equipamentos, o sistema solar fotovoltaico possui elementos que ajudam a proteger e conservar os componentes. Esses materiais são os disjuntores, conectores e cabeamento elétrico.

Figura 12 - Cabos Sistema Fotovoltaico



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 13 - Conectores MC4



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

#### 1.5.4. Estrutura

Para apoio e sustentação dos módulos fotovoltaicos, precisa-se de uma estrutura de suporte. Assim, na instalação leva-se em consideração o local, material dos módulos e a inclinação necessária para captar mais radiação solar. As estruturas são feitas na maioria das vezes de aço inoxidável ou alumínio, materiais extremamente resistentes ao tempo, mantendo o padrão e qualidade na vida útil dos equipamentos.

Figura 14 - Trilhos



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 15 – Junções de trilho ou emenda de trilho.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 16 – Grampos final.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 17 – Grampos Intermediário.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 18 – Chapas e Grampos de Aterramento.

## CHAPA DE ATERRAMENTO



## GRAMPO DE ATERRAMENTO



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 19 – Ganchos de fixação.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 20 – Ganchos de fixação em L.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 21 – Suporte em mini trilho.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 22 – Suportes de Laje.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

Figura 23 – Suportes de Solo.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

### 1.5.5. Medidor Bidirecional

Esse é um componente muito importante no seu sistema fotovoltaico. Isso porque é o relógio bidirecional o responsável por medir a quantidade de energia consumida e, nas situações em que a sua produção de energia supera o seu consumo, também é o responsável por registrar a quantidade exportada pelo sistema, que é injetada na rede elétrica, gerando, então, os seus créditos energéticos.

Figura 24 – Medidor bidirecional.



Fonte: Apostila Curso Instituto Mão Na Massa / Solar+

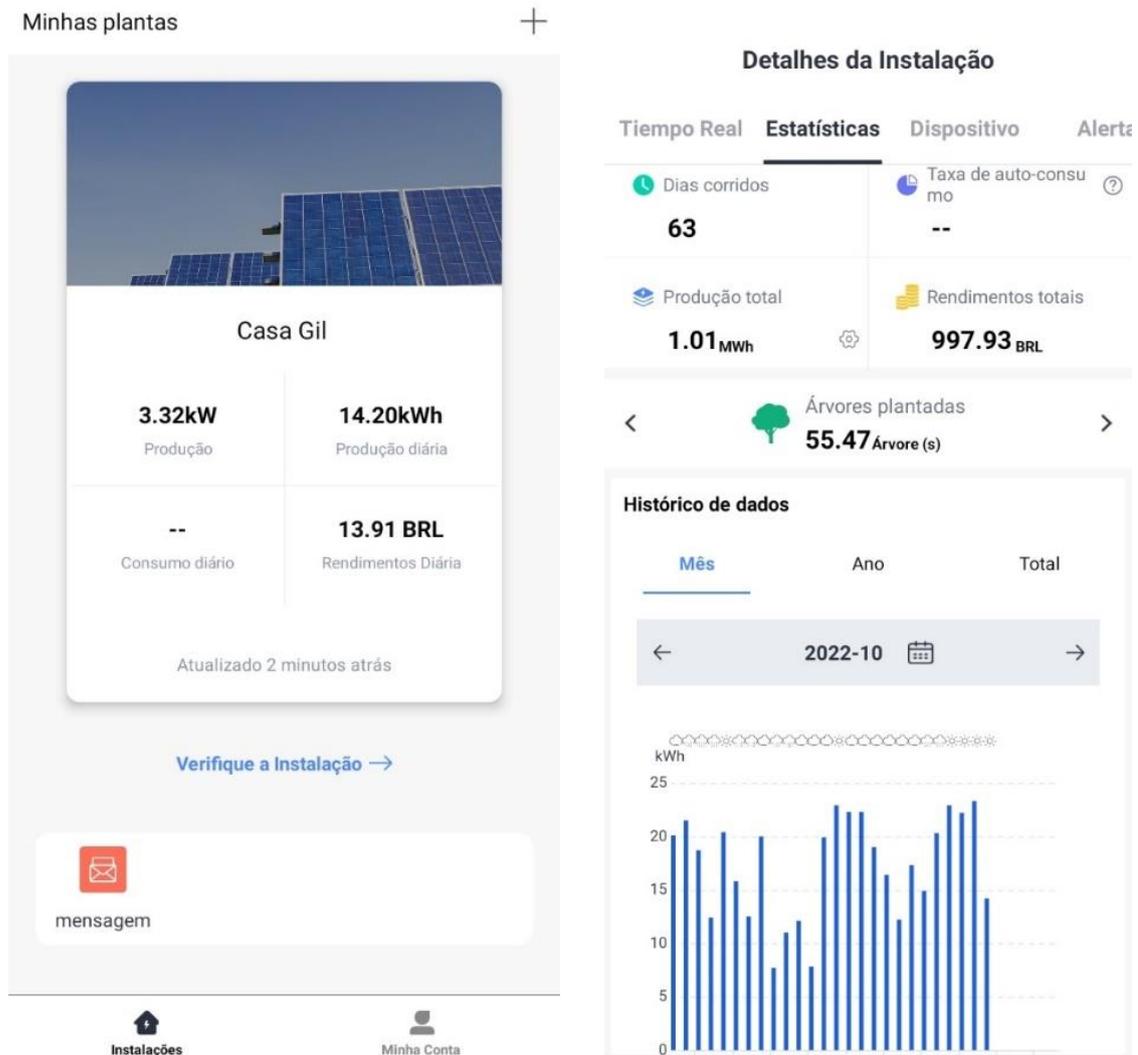
### 1.5.6. Monitoramento de energia solar

Os sistemas de monitoramento de energia destinados às instalações fotovoltaicas são capazes de enviar informações relacionadas à produção de energia para uma plataforma online, a qual é administrada por um software que monitora a performance do sistema fotovoltaico. O inversor de frequência, que realiza a conversão da corrente contínua gerada no painel fotovoltaico para corrente alternada, também possui o papel de fazer todo o monitoramento de produção de energia elétrica. No entanto, você não precisa fazer esse acompanhamento diretamente no equipamento, já que, no fim da instalação de um sistema, os técnicos costumam ligar o inversor à rede wi-fi da residência. Assim, você consegue ter acesso ao sistema de monitoramento em qualquer lugar, seja por meio do seu navegador de internet ou por aplicativos. Com essa ferramenta, é possível acompanhar o desempenho do sistema solar fotovoltaico desde o início de suas operações até anos mais tarde. Isso porque ela fornece históricos de qualquer período e dados em tempo real.

A partir dos registros de geração, você pode conferir os históricos do seu sistema ao longo do tempo. Dessa forma, existe a possibilidade de acompanhar não só a geração diária, mas também a mensal, anual e até mesmo o total acumulado. Outra informação que o monitoramento solar oferece é a economia financeira proporcionada. Considerando a tarifa de energia da sua distribuidora, o inversor pode fornecer quantos reais você economizou com o uso da tecnologia, seja em uma semana ou desde o momento que o sistema entrou em atividade.

Sustentabilidade, essa é a palavra que define um dos maiores benefícios trazidos pela energia solar, que é uma fonte limpa e renovável. Com o sistema de monitoramento, você também é capaz de analisar dados relacionados a essas características, como número de árvores preservadas e a quantidade de CO2 que deixou de ser emitida

Figura 25 – Captura tela do monitoramento do sistema



Fonte: Próprio autor

## 2. OBJETIVO

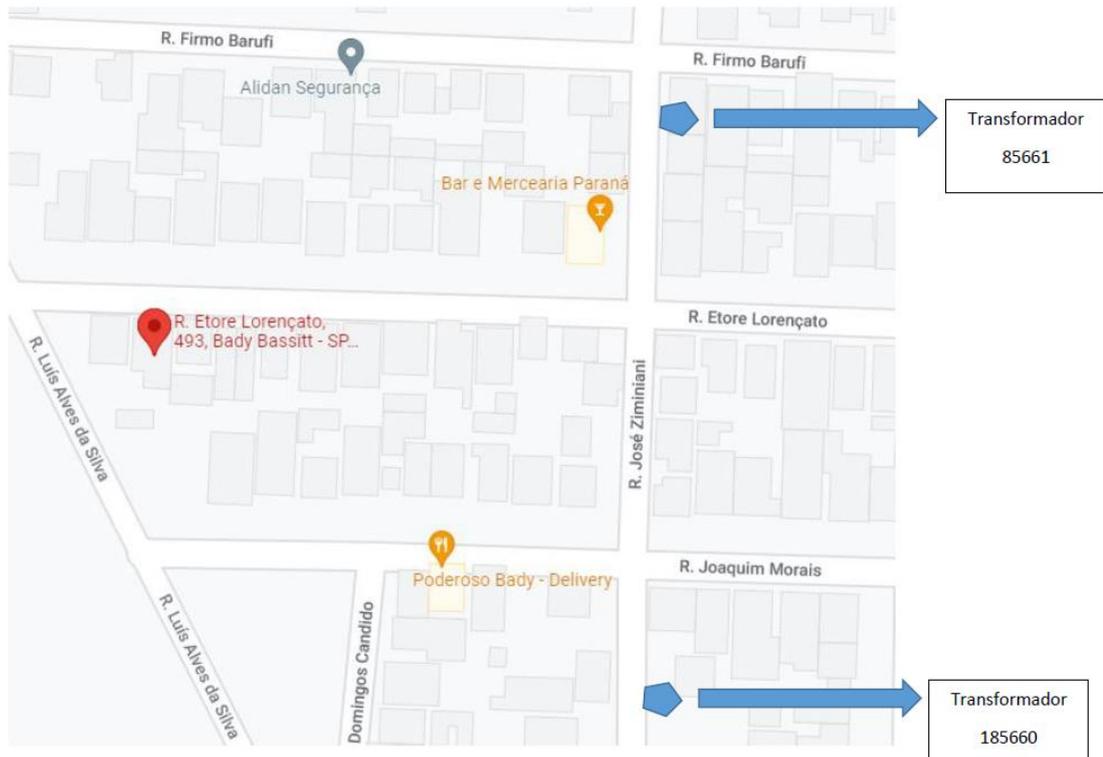
O objetivo deste trabalho é detalhar a instalação de um SFCR (sistema fotovoltaico conectado à rede) na residência de um dos membros do grupo na cidade de Bady Bassitt-SP, demonstrando os equipamentos e estruturas utilizadas, custo de instalação, viabilidade econômica e retorno de investimento.

## 2.1. Localização do imóvel:

Endereço: Rua Etoze Lorençato, nº 493 Bairro Jardim Tropical – Bady Bassitt – SP.

Detalhe da Localização, com identificação dos transformadores próximos para a correta localização da companhia elétrica

Figura 26 – Localização do Imóvel



Fonte: Próprio autor

Figura 27 – Imagem da casa e telhado



Fonte: Próprio autor

## 2.2. Calculo Fotovoltaico Efetuado

Para o cálculo do dimensionamento do sistema a primeira coisa que se deve ter em mãos é a conta de energia atual do local onde o sistema será instalado, onde iremos pegar a média de consumo dos últimos 12 meses, para isso utilizando a informação que vem na conta (histórico do consumo). Nota-se que na conta consta o histórico dos últimos 13 meses, sendo assim, para fazermos a média excluimos o menor mês de consumo. Também não podemos esquecer de acrescentar a média de consumo anual de algum equipamento que pretendemos instalar futuramente, por exemplo um ar condicionado novo.

Figura 28 – Histórico consumo utilizado para calculo

HISTÓRICO DE CONSUMO		kWh	Dias
2022 JUL		323	31
JUN		229	28
MAI		326	32
ABR		327	31
MAR		337	28
FEV		439	31
JAN		488	29
2021 DEZ		420	30
NOV		346	32
OUT		318	30
SET		340	33
AGO		260	30
JUL		260	30

Fonte: Próprio autor

Planilha 1 – Cálculo da média mensal de consumo

1	323	jul/22
2	229	jun/22
3	326	mai/22
4	327	abr/22
5	337	mar/22
6	439	fev/22
7	488	jan/22
8	420	dez/21
9	346	nov/21
10	318	out/21
11	340	set/21
12	260	ago/21
13	260	jul/21
	<b>229</b>	<b>*elimina o menor valor</b>
<b>Media:</b>	<b>4.184</b>	
(+)	<b>1.800</b>	<b>+ um ar condicionado</b>
<b>Media:</b>	<b>498,67</b>	

Fonte: Próprio autor

Após o cálculo da média utilizamos 3 (três) passos para fazermos o dimensionamento do sistema.

### 1º Passo: Margem de segurança.

Além de acrescentar na média os equipamentos previstos para serem instalados no local, acrescentamos ainda uma margem de segurança de 30% no dimensionamento, assim teremos a média mensal que o sistema precisa produzir para suprir as necessidades de consumo.

### 2º Passo: Produção diária.

Pega-se a média majorada de 30% e divide-se por 30, chegando assim ao valor de produção diária que o sistema precisa gerar.

### 3º Passo: Produção por hora.

Para conseguir calcular a produção por hora, temos que pegar o valor de produção diária e dividir por HSP (média de hora de sol pleno), na cidade onde será instalada o sistema. Para isso pesquisamos a Latitude e Longitude da localidade da instalação (google) e utilizamos o site <http://www.cresesb.cepel.br> (potencial energético / potência solar).

Figura 29 – Consulta HSP

Cálculo no Plano Inclinado																
<b>Estação:</b> Bady Bassitt <b>Município:</b> Bady Bassitt, SP - BRASIL <b>Latitude:</b> 20,901° S <b>Longitude:</b> 49,449° O <b>Distância do ponto de ref. (20,91° S; 49,44° O):</b> 1,4 km																
#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,79	5,87	5,17	4,82	4,10	3,85	4,12	5,00	5,08	5,61	5,91	6,14	5,12	2,29
<input type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	21° N	5,25	5,60	5,28	5,40	4,97	4,90	5,16	5,86	5,38	5,47	5,43	5,49	5,35	,96
<input type="checkbox"/>	Maior média anual	20° N	5,29	5,62	5,29	5,38	4,94	4,86	5,12	5,83	5,37	5,49	5,46	5,53	5,35	,97
<input type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	26° N	5,06	5,46	5,24	5,46	5,11	5,08	5,33	5,97	5,37	5,36	5,24	5,26	5,33	,91

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br>

Abaixo segue planilha com os cálculos passo a passo para melhor entendimento do cálculo para o dimensionamento do sistema, ou seja, quantidade de placas a serem utilizadas.

#### Planilha 2 – Cálculo passo a passo dimensionamento

1º Passo:	Margem de segurança 30%
	<b>648,27</b> KWh Media + margem de segurança
2º passo:	Produção diária = Média Majorada dividido por 30 dias
	<b>21,61</b> KWh Media Diária
3º passo:	Produção por hora = Média diária dividido por HPS (Hora de Sol pleno)
<b>Cidade:</b>	Bady Bassitt - SP
<b>Latitude:</b>	-20,91
<b>Longitude:</b>	-49,44 Cálculo no Plano Inclinado
	<b>HPS=</b> 5,12
<b>Média por hora:</b>	<b>4,22</b> kwp
<b>Multiplica por 1000:</b>	4.220 wp

placas de: 550 W

Total de placas calculadas: 8 Placas

Fonte: Próprio autor

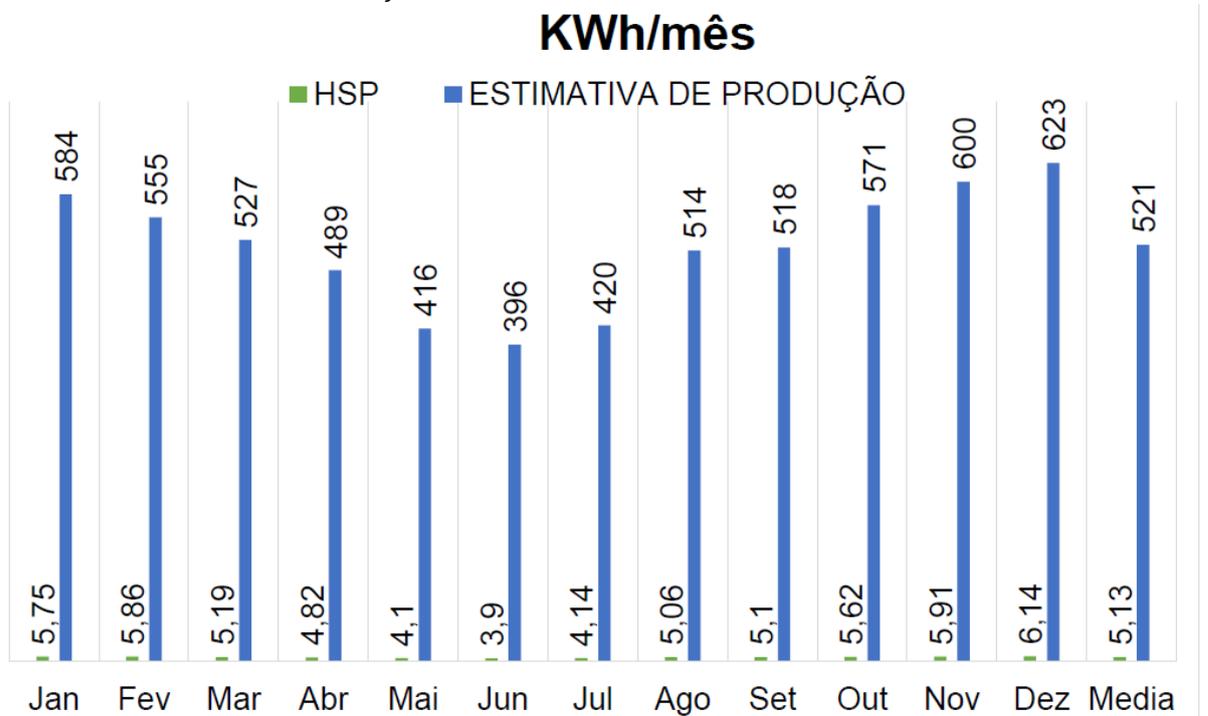
Para atender a demanda acima considerando as condições climáticas e geográficas do local foi dimensionado o kit de 4,40 kW para geração estimada de 521\* kWh/mês.

O sistema foi dimensionado para a cidade de Bady Bassitt/ SP.

- Latitude: -20,91°
- Longitude: -49,44°
- HSP (média): 5,12
- Ângulo recomendado de Instalação (Norte): 20°
- Perdas máximas do Sistema: 10%
- Tipo de Telhado: Telha cerâmica.

Com base nos itens acima mencionados, o sistema deve fornecer em média uma produção de acordo com a estimada anual no gráfico abaixo:

Gráfico 2 – Estimativa de Produção Anual



Fonte: autor (orçamento real)

### 2.3. Análise do payback

Planilha 2 – Cálculo Retorno do investimento

<b>INVESTIMENTO TOTAL (R\$):</b>		R\$ 16.034,02		
<b>CONSUMO ATUAL (KWh/mês):</b>		500,00		
<b>ESTIMATIVA DE PROD. (KWh/MÊS):</b>		521,15		
<b>VALOR INFLAÇÃO/ANO(%):</b>		7%		
<b>ANO</b>	<b>VALOR KWh</b>	<b>CONSUMO KWh/mês</b>	<b>GERAÇÃO R\$</b>	<b>RETORNO DO INVESTIMENTO</b>
0	R\$ 0,98	R\$ 371.904,34	-R\$ 16.034,02	-R\$ 16.034,02
1	R\$ 0,98	R\$ 5.880,00	R\$ 6.128,68	-R\$ 9.905,34
2	R\$ 1,05	R\$ 6.291,60	R\$ 6.557,69	-R\$ 3.347,65
3	R\$ 1,12	R\$ 6.732,01	R\$ 7.016,72	R\$ 3.669,07
4	R\$ 1,20	R\$ 7.203,25	R\$ 7.507,90	R\$ 11.176,96
5	R\$ 1,28	R\$ 7.707,48	R\$ 8.033,45	R\$ 19.210,41
6	R\$ 1,37	R\$ 8.247,00	R\$ 8.595,79	R\$ 27.806,20
7	R\$ 1,47	R\$ 8.824,29	R\$ 9.197,49	R\$ 37.003,70
8	R\$ 1,57	R\$ 9.442,00	R\$ 9.841,32	R\$ 46.845,01
9	R\$ 1,68	R\$ 10.102,93	R\$ 10.530,21	R\$ 57.375,23
10	R\$ 1,80	R\$ 10.810,14	R\$ 11.267,33	R\$ 68.642,55
11	R\$ 1,93	R\$ 11.566,85	R\$ 12.056,04	R\$ 80.698,59
12	R\$ 2,06	R\$ 12.376,53	R\$ 12.899,96	R\$ 93.598,55
13	R\$ 2,21	R\$ 13.242,89	R\$ 13.802,96	R\$ 107.401,51
14	R\$ 2,36	R\$ 14.169,89	R\$ 14.769,17	R\$ 122.170,68
15	R\$ 2,53	R\$ 15.161,78	R\$ 15.803,01	R\$ 137.973,68
16	R\$ 2,70	R\$ 16.223,11	R\$ 16.909,22	R\$ 154.882,90
17	R\$ 2,89	R\$ 17.358,72	R\$ 18.092,86	R\$ 172.975,77
18	R\$ 3,10	R\$ 18.573,83	R\$ 19.359,36	R\$ 192.335,13
19	R\$ 3,31	R\$ 19.874,00	R\$ 20.714,52	R\$ 213.049,65
20	R\$ 3,54	R\$ 21.265,18	R\$ 22.164,54	R\$ 235.214,18
21	R\$ 3,79	R\$ 22.753,74	R\$ 23.716,05	R\$ 258.930,24
22	R\$ 4,06	R\$ 24.346,51	R\$ 25.376,18	R\$ 284.306,41
23	R\$ 4,34	R\$ 26.050,76	R\$ 27.152,51	R\$ 311.458,92
24	R\$ 4,65	R\$ 27.874,32	R\$ 29.053,18	R\$ 340.512,11
25	R\$ 4,97	R\$ 29.825,52	R\$ 31.086,91	R\$ 371.599,01
<b>TOTAL CONSUMO</b>		<b>-R\$ 371.904,34</b>	<b>R\$ 387.633,03</b>	

Fonte: autor (orçamento real)

Retorno do investimento em 2,51 anos

**Uma rentabilidade de 39,82 ao ano**

Nada se compara a essa rentabilidade, nenhum investimento tem um retorno tão significativo.

#### **2.4. Dimensionamento para Instalação dos painéis**

- Área ocupada pelo gerador –19 m<sup>2</sup>
- Peso sobre o telhado -15Kg/m<sup>2</sup> (com estrutura)

#### **2.5. Garantia do Equipamento**

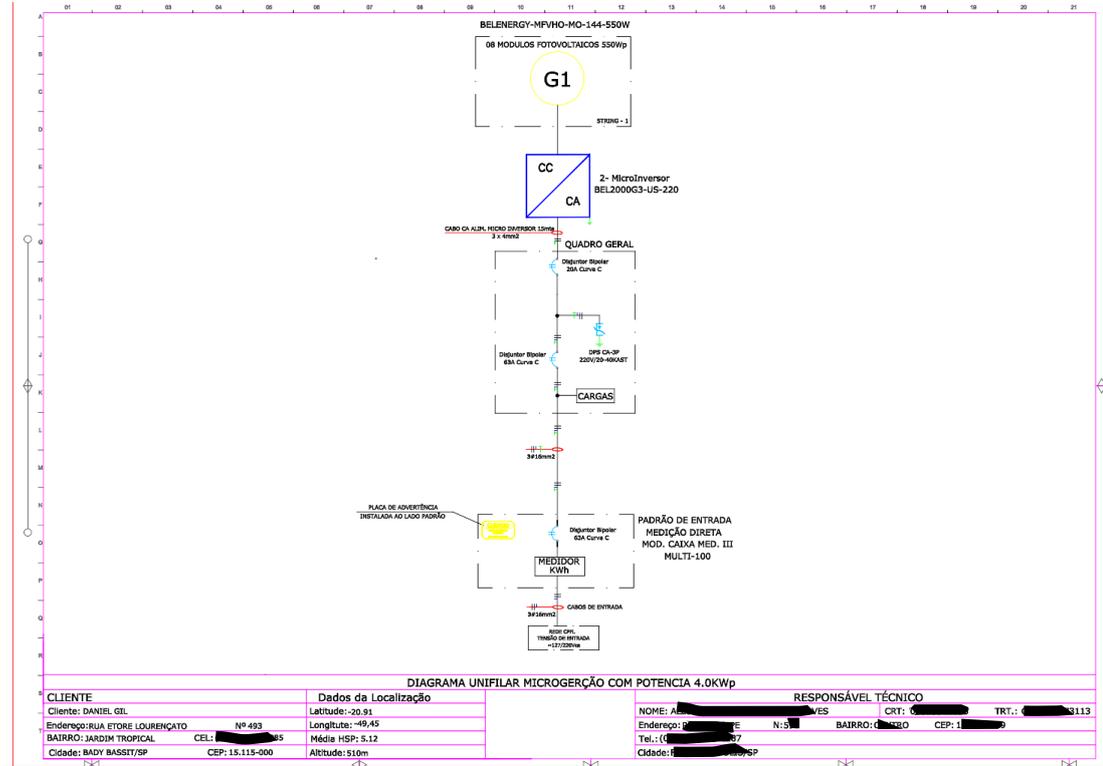
- 15 anos para MICRO INVERSOR BEL ENERGY 4MPPT 2KW.
- 12 anos contra defeito de fabricação dos módulos fotovoltaicos BELENERGY 550W MONO (30 anos com eficiência linear de até 80% garantida).
- 12 anos para estrutura de fixação.

#### **2.6. Componentes utilizados na instalação**

- 8 (oito) Modulo fotovoltaico monocristalino 144 células 550w;
- 2 (dois) Micro inversor de corrente monofásica 4mppt 220v 2kw;
- 8 (oito) Perfil de fixação natural 2.40 metros;
- 2 (dois) Jogos com 2 peças de Garra de aterramento;
- 16 (dezesesseis) Suporte gancho Telha colonial com prolongador;
- 2 (dois) Jogos com 4 peças de grampo final 35mm;
- 6 (seis) Jogos com 2 peças de grampo intermediário;
- 4 (quatro) Junção para perfil;
- 2 (dois) suporte para fixação de micro inversor;
- 20 (metros) Cabo solar amphesolar 6mm 1800v DC - Preto;
- 20 (metros) Cabo solar amphesolar 6mm 1800v DC – Vermelho;
- 8 (oito) Pacotes com 2 pares Conector M macho e femea.

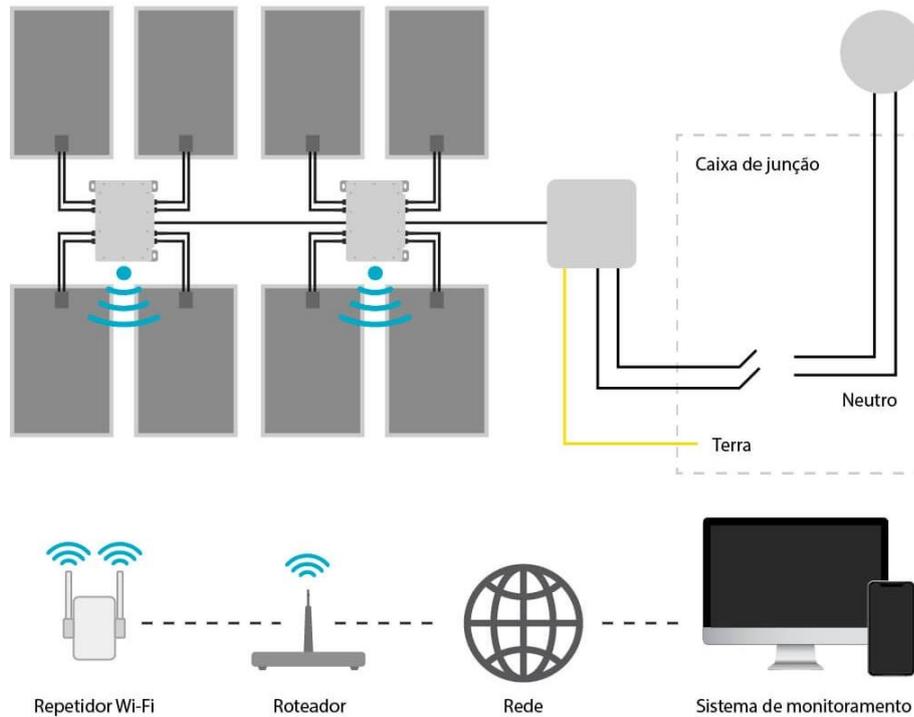
## 2.7. Esquema Unifilar

Figura 30 – Esquema Unifilar



Fonte: Solar+(Empresa responsável pela Instalação)

Figura 31 – Exemplo de ligação



Fonte: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/microinversor/tecnologia-mppt-mlpe-otimizacao-inversor-solar>

## 2.8. Imagens da Instalação

Figura 32 – Imagem da instalação do suporte



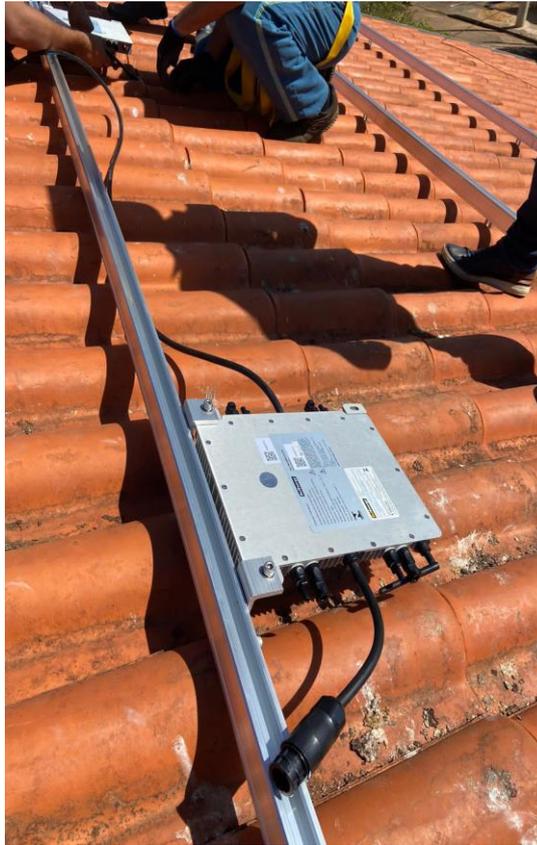
Fonte: Próprio autor

Figura 33 – Imagem da instalação do trilho



Fonte: Próprio autor

Figura 34 – Imagem da instalação dos Micros Inversores



Fonte: Próprio autor

Figura 35 – Imagem da instalação das placas



Fonte: Próprio autor

Figura 36 – Imagem da fixação das placas



Fonte: Próprio autor

Figura 37 – Imagem da casa e telhado após instalação



Fonte: Próprio autor

O sistema foi instalado e começou a gerar energia a partir do dia 29 de agosto de 2022, data esta que o relógio comum foi substituído pelo relógio bidirecional pela concessionária.

### 3. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve o objetivo de fazer o estudo e implementação de um sistema fotovoltaico conectado à rede em uma residência, instalação está executada na residência de um dos membros do grupo na cidade de Bady Bassitt estado de São Paulo. Na qual podemos fazer todo o levantamento necessário e a verificação da viabilidade ou não desta tecnologia, tendo em vista que é uma forma de se obter energia elétrica de forma limpa e sem degradar a natureza.

Sem dúvida nenhuma hoje podemos afirmar que é a alternativa mais viável entre todas, pois diferentemente do que acontece com os outros tipos de geradores, que realizam o trabalho através de queima de material orgânico, combustíveis fósseis e carvão e que geram subprodutos como resíduos, calor, ruído e fumaça, a geração de energia é feita de forma limpa, sem ruídos, sem resíduos, etc. Sem contar que o sol é uma energia inesgotável e que temos em abundância para aproveitar principalmente em nosso país.

A maior dificuldade que verificamos é a financeira, pois os valores de implementação são bem significativos e não identificamos incentivos do governo para este investimento, porém, o retorno deste investimento é bem rápido e rentável, pois o sistema se paga em média entre 2 anos e meio a 3 anos. Já se for necessário recorrer ao sistema financeiro para obter este recurso, lógico neste caso o retorno demora um pouco mais, mesmo assim consideramos bem rentável, tendo em vista que ao finalizar o pagamento, o sistema continuará gerando energia e não tem mais que se preocupar com aumentos e nem com as temíveis bandeiras.

### REFERÊNCIAS

#### Blog Energia Solar

Autores:

Ezequias Silveira Peruzzo - Engenheiro Eletricista e Técnico de P&D na Solar Inove.

Guilherme Peters Junior - Engenheiro Eletricista e Analista de Marketing e P&D na Solar Inove.

Disponível em:

<https://blog.solarinove.com.br/a-historia-da-energia-solar-fotovoltaica>

#### FADIGAS, Eliane Aparecida Faria Amaral.

Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade Técnico-Econômica. São Paulo, 2012. GEPEA – Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo.

Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod\\_resource/content/2/Apostila\\_solar.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf)

**SMITHSONIAN.** Buzz Aldrin Sets Up the PSEP. 2011.

Disponível em:

<https://airandspace.si.edu/multimedia-gallery/web12067-2011hjpg?id=3640>

**Vantagens e desvantagens da Energia Solar** – Por Rodolfo F. Alves Pena

Disponível em:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/vantagens-desvantagens-energia-solar.htm>

**Quais são os componentes de um sistema fotovoltaico?** - Por Oca Solar Energia

Disponível em:

<https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/quais-sao-os-componentes-sistema-fotovoltaico/>

**Livro Digital - Introdução aos sistemas Fotovoltaicos** – por *Eng<sup>o</sup>. Lucas S. Santana*

Disponível em:

<https://bluesol.com.br/>

**Como funciona as Usinas Solares** - Publicado por Rafael Helerbrock

Disponível em:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/como-funcionam-as-usinas-solares.htm>

**Diferença entre Micro inversor e Inversor String** – Por Neosolar Energia

Disponível em:

[https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/microinversor/diferenca-micro-inversor-inversor-string?gclid=EAlalQobChMIqpgR7P2F-glVDjGRCh1T0AZoEAAYASAAEgl\\_h\\_D\\_BwE](https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/microinversor/diferenca-micro-inversor-inversor-string?gclid=EAlalQobChMIqpgR7P2F-glVDjGRCh1T0AZoEAAYASAAEgl_h_D_BwE)

**Efeito Fotoelétrico** - Publicado por Rafael Helerbrock

Disponível em:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-efeito-fotoeletrico.htm>

**Fontes Alternativas de Energia** - Publicado por Rafaela Sousa

Disponível em:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/fontes-alternativas-energia.htm>

**Monitoramento energia solar: tudo o que você precisa saber**

Disponível em:

<https://www.portalsolar.com.br/monitoramento-energia-solar>

**Norma Brasileira Abnt Nbr 5410**

Instalações Elétricas De Baixa Tensão

**Norma Brasileira Abnt Nbr 6028**

Informação e documentação - Resumo - Apresentação

**Instituto Mão na Massa e Solar Mais Economia Ltda**

Empresas responsável por ministrar o curso de instalação de sistemas Fotovoltaico, em que um membro do curso realizou.

**Solar Mais Economia Ltda**

Empresa responsável pela instalação do sistema na residência.

**CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica**

<http://www.cresesb.cepel.br>