

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC JOSÉ MARTIMIANO DA SILVA**

Curso Técnico em Edificações

ENERGIA SOLAR LIMPA, RENOVAVEL E INESGOTÁVEL

Jones Rubens Santi

Luis Fernando Luchesi

Valtercina Lúcia Rosa

Ribeirão Preto - SP

DEZEMBRO 2021

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC JOSÉ MARTIMIANO DA SILVA**

Curso Técnico em Edificações

ENERGIA SOLAR LIMPA, RENOVAVEL E INESGOTAVEL

**Trabalho de Conclusão de Curso como
requisito básico para a formação do Curso
Técnico em Edificações.**

**Orientadores: Prof. Cesar Ricardo Danezi
Prof. Fernando Jose Castelani**

**Ribeirão Preto - SP
DEZEMBRO 2021**

JONES RUBENS SANTI
LUÍS FERNANDO LUCHESI
VALTERCINA LUCIA ROSA

ENERGIA SOLAR LIMPA, RENOVAVEL E INESGOTAVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção da **Habilitação Profissional**
Técnica de Nível Médio de TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES

Orientadores:

Prof.: César Ricardo Danezi

Prof.: Fernando Jose Castelani

Examinador(a):

ETEC José Martimiano da Silva

Examinador(a)

ETEC José Martimiano da Silva

Ribeirão Preto, 03 de dezembro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por estar presente sempre em todos os momentos de nossas vidas e nos proporcionar estes momentos maravilhosos.

Aos nossos familiares que nos deram suporte para suportar esta jornada.

À coordenadora do curso Joseane Aparecida Ipólito pelo empenho e pela brilhante equipe à qual coordena.

Aos nossos colegas de sala pelo companheirismo e ajuda mútua.

Aos professores Jose Júlio Badessa, Fernando Jose Castelani, César Ricardo Danesi, Pedro Luiz Minotti Sossai, Guilherme Ricci, Joseane Aparecida Ipólito, Ana Lúcia Bittar, Juliana Bianco Delmonico, Marcelo Gaetani, Nelci Barros Maia, Ligia Granato Cordeiro Sponchiado, Klebert Amâncio Faria Cardoso e Jose Eduardo Leandro Lima pelos conhecimentos que nos foram compartilhados.

RESUMO

A crescente demanda de energia pela população mundial associada a alta dependência dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás mineral) para sua geração revela-se um dos maiores desafios no século XXI, uma vez tais fontes são limitadas, além de demasiadamente poluentes e agressivas ao meio ambiente, contribuindo para o aquecimento global. Ademais, crises como a da OPEP em 1973 foram grande incentivo para a busca de novas fontes de energia.

Nesse contexto, a energia solar se destaca por ser uma fonte limpa, renovável e com alta disponibilidade, especialmente em regiões próximas a linha do Equador, com alta incidência em todas as épocas do ano. No entanto, no Brasil, grande parte da população não tem renda o suficiente para conseguir fazer esse investimento, tampouco tem acesso a sistemas de financiamento, o que torna sua adesão no país restrita. Esse trabalho tem como objetivo apresentar formas de implementação da energia solar em casas segundo às normas brasileiras, assim como seus custos e discutir a viabilidade destas.

Palavras-Chave: Energia Renovável, Energia Solar, Sistema Fotovoltaico.

ABSTRACT

The increasing demand of energy by the world population associated with its dependance on fossil fuel (petroleum, coal and natural gas) to generate it reveals itself as one of the main challenges faced in the XXI century, once fossil fuels are limited, highly polluting and environmentally aggressive, contributing to climate warming. Moreover, crisis such as the OPEP in 1973, were a great incentive to search for new energy sources.

In this context, solar energy stands out for being a clean and renewable source with high availability, specially in regions near the Equator line, with high solar incidence all year long. Nonetheless, in Brazil, the majority of the population does not have sufficient income to make this investment, nor has the access to financing systems, which makes adherence to it restricted. This dissertation aims to present ways to implement solar energy according to brazilian norms, as well as its costs and viability.

Keywords: Solar energy, Renewable energy, Photovoltaic system.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
2 JUSTIFICATIVA.....	8
3 OBJETIVO GERAL	10
4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
5 METODOLOGIA	12
6 RECURSOS MATERIAIS	13
7 DESENVOLVIMENTO.....	14
7.1 PAINÉIS SOLARES	14
7.2 INVERSOR SOLAR	17
7.2 MICROINVERSOR SOLAR	18
7.3 SISTEMA ON GRID.....	21
7.3 SISTEMA OFF GRID.....	22
7.4 SISTEMA HÍBRIDO	24
8 CONCLUSÃO	25
8.1 INVESTIMENTO E GERAÇÃO DE ENERGIA	25
8.2 ANÁLISE ECONÔMICA.....	28
9 CRONOGRAMA	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Problema

Os combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), são as principais fontes de energia utilizadas no mundo. O petróleo, uma das principais matrizes energéticas, por sua vez tem sua capacidade limitada as suas reservas naturais não renováveis. O petróleo, como combustível fóssil, esbarra em outro problema, o alto índice de poluição liberado para a atmosfera através da queima dos seus derivados, cerca de 32.190 Mt de CO₂ são lançados anualmente em média. As consequências das emissões descontroladas de gases poluentes afetaram ao longo dos anos o planeta Terra cujas mudanças climáticas e o aquecimento global provocaram diversas alterações no globo terrestre notadamente sentidas por nós. Devido à grande crise de 1973, causada pela elevação significativa dos preços do barril de petróleo e a diminuição da produção pelos detentores da maior parcela de produção de petróleo do mundo, a OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo - impulsionou a busca pela diversificação da matriz energética mundial e por fontes limpas e renováveis de energia.

Juntamente às crises e às consequências ambientais causadas pela dependência do petróleo, surge o conceito do desenvolvimento sustentável que visa essencialmente a preservação do meio ambiente, reduzindo o impacto na natureza e consequente otimização do uso dos recursos naturais disponíveis, atrelado à geração de energia renovável e ao consumo eficiente, preservando o planeta e o futuro das próximas gerações. A visibilidade e a aplicação das fontes alternativas e renováveis de energia cresceu demasiadamente nas últimas duas décadas, no caso em particular da geração fotovoltaica, o mundo no ano 2000 apresentava somente 1,28 GW de capacidade de potência instalada, já em 2014 atingiu a marca de 178,391 GW e com perspectivas para evoluir entre 396 e 540 GW até 2019. A Europa domina a geração fotovoltaica com 49,8 % da capacidade mundial e destacamos o crescimento acentuado da China, que já possui 15,7% da geração fotovoltaica mundial.

2 JUSTIFICATIVA

Uma característica do desenvolvimento natural e tecnológico da humanidade é a crescente demanda por energia elétrica.

O Sol nos fornece energia na forma de radiação e é a principal fonte de energia da Terra. No seu interior núcleos de hidrogênio, por meio de fusão, transformam-se em núcleos de hélio, neste processo parte da massa é transformada em energia. Somente uma parcela desta energia atinge a superfície da Terra, porém esta quantidade é grandiosa, correspondendo aproximadamente a $1,52 \times 10^{18}$ kWh por ano. Para mostrar a quão poderosa é a energia solar, o consumo de energia primária no mundo foi de 13541 Mtoe em média ano, equivalente a $1,57 \times 10^{14}$ kWh por ano, ou seja 0,0103% da energia que o sol nos fornece.

A energia solar pode ser a resposta para o fornecimento de energia elétrica no presente e em um futuro próximo. Diante desta realidade de crescente demanda e a conscientização do desenvolvimento sustentável, seria ilógico não fazer proveito desta fonte de energia limpa, inesgotável e gratuita.

A energia solar fotovoltaica em países como Alemanha, China, Japão, Itália e EUA é bem consolidada e representa uma parcela significativa na matriz energética dos mesmos.

O Brasil é um país privilegiado por estar próximo a linha do Equador e possuir uma das maiores médias de irradiação solar do mundo. A irradiação global pode variar de 4,25 kWh/m² até 6,5 kWh/m² por dia. Os valores de irradiação solar incidente em qualquer parte do território (1500-2500 kWh/m²) são superiores aos da maioria dos países da Europa, como Alemanha (900-1250 kWh/m²).

A Resolução Normativa nº 482 de 2012 [24] visa incentivar a implementação de fontes alternativas de energia na matriz energética nacional e estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração distribuída (menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia) e minigeração distribuída (superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia) aos sistemas de distribuição de energia elétrica assim como o sistema de compensação de energia, medida no qual a energia ativa injetada na rede pela unidade geradora é cedida gratuitamente à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo da mesma unidade consumidora ou outra unidade de mesma titularidade.

De acordo com a ABNT NBR 11704:2008 os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados quanto à interligação com o sistema público de fornecimento de energia, podendo

este ser isolados ou conectados à rede, e quanto à configuração do sistema, podendo este ser puro ou híbrido.

Hoje as Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos são representadas pela norma ABNT que publicou em 04/10 a NBR 16690.

3 OBJETIVO GERAL

Estudar a viabilidade de energia limpa, sustentável, renovável e econômica de implantação do uso de energia fotovoltaica na sua edificação.

Conscientizar a importância e os benefícios do consumo eficiente, onde consumir somente o que necessitamos é fundamental para evitar desperdícios de energia e dinheiro.

4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Estudar referencial aplicado à utilização de energia fotovoltaica;
- b) Implantar um sistema de energia solar, renovável, sustentável, inesgotável e económico em sua residência;
- c) Apresentar valor de investimento e tempo estimado de retorno;
- d) durabilidade dos materiais utilizados assim como tempo de garantia.

5 METODOLOGIA

Para organizar e facilitar as etapas a serem consideradas no cálculo de dimensionamento do gerador fotovoltaico assim como todos os componentes necessários para o funcionamento do sistema, é apresentado o passo-a-passo recomendado para a realização do projeto.

O primeiro passo para dimensionar o sistema fotovoltaico consiste no levantamento do consumo de energia elétrica da residência. O ideal é apurar a conta de luz por pelos menos 12 meses e avaliar o seu consumo médio mensal ao longo do ano.

A aplicação de sistemas fotovoltaicos normalmente é realizada sobre os telhados ou terraços das residências, por receber maior incidência de irradiação solar, mas nada impede que as novas tecnologias possam ser implementadas em janelas de vidro e telhas com painéis fotovoltaicos integrados ou mesmo no solo, quando há espaço livre. O local da instalação influencia diretamente no desempenho do sistema já que a incidência de radiação solar e o sombreamento afetam diretamente a eficiência do sistema.

É possível realizar o levantamento do recurso solar através de softwares gratuitos ou pagos com bases de dados mediante pontos de medição. Os softwares são avançados permitindo realizar análise de viabilidade econômica, dimensionamento dos sistemas, simulação do projeto, curvas de carga, cabeamento, dados da irradiância, etc. Podemos citar alguns programas como Homer, PVSyst, SAM, PV-Sol e SunData (CRESESB).

O bom dimensionamento do gerador fotovoltaico é fundamental para uma boa eficiência e na economia dos componentes dos sistemas.

6 RECURSOS MATERIAIS

Os recursos necessários para instalação de um projeto de energia renovável fotovoltaica, baseasse primeiramente em ter um local com alto índice solar, após avaliar a quantidade de produção de energia que deseja ou que supra sua necessidade.

Após todos estes quesitos esclarecidos, e o projeto pronto a implantação deste projeto fisicamente não requer tanta mão de obra, em um projeto simples residencial conseguimos implantar e concretizar o projeto com apenas três profissionais técnicos.

Os componentes do kit de energia solar residencial são:

- Painéis fotovoltaicos (painéis solares);
- Inversor solar (grid-tie);
- Micro inversor solar;
- Estrutura de fixação;
- Cabeamento especial para corrente contínua;
- Cabeamento especial para corrente alternada;
- Conectores especiais;
- DPS, Dispositivo de Proteção Contra Surtos;
- Disjuntores.

7 DESENVOLVIMENTO

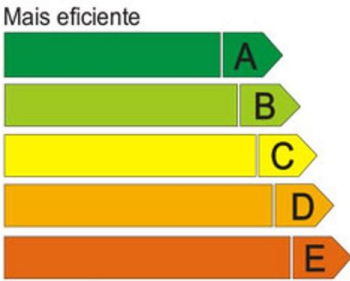



7.1 Painéis Solares

Definição “Fotovoltaico significa a transformação directa da luz em energia eléctrica, recorrendo-se a células solares”, (ENERGIA FOTOVOLTAICA manual sobre tecnologias, projecto e instalação, 2004, p. 32).

O módulo fotovoltaico é formado por células fotovoltaicas interligadas de modo a produzir tensão e corrente suficientes para a utilização prática da energia (MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, 2014, p. 144).

Os painéis solares comercializados no Brasil devem, obrigatoriamente ter o selo do INMETRO. Selo que tem a informação da eficiência energética do módulo, que são classificadas de A a E, sendo A a mais eficiente e E a menos eficiente.

Figura 7.1. Selo INMETRO

Energia (Elétrica)		MÓDULO FOTOVOLTAICO
Fabricante		JINKO SOLAR
Marca		JK SOLAR
Modelo		JKM460M-60HL4-V
Mais eficiente		
Menos eficiente		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (%)		21,32
Área Externa do Módulo (m2)		21,15
Produção Média Mensal de Energia (kWh/mês)		57,5
Potência nas condições Padrão (W)		460
<small>Requisitos de Avaliação de Conformidade para Sistemas e equipamentos para Energia Fotovoltaica - Portaria Inmetro nº 0004/2011</small> <small>Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o manual do aparelho</small>		
 PROCEL		<small>PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</small>
IMPORTANTE: A REMOÇÃO O DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CODIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR		

Fonte: eletromalu.com.br.

Os painéis podem ser ligados em série da seguinte maneira: terminal positivo de um módulo ligado ao terminal negativo do outro. Nesse tipo de ligação as tensões são somadas, mas a corrente não, permanecendo a mesma, desde que os módulos sejam semelhantes.

Já na ligação em paralelo a ligação é feita conectando-se todos os terminais positivos dos módulos e os terminais negativos entre eles, dessa maneira, há a soma das correntes, mas não há alteração na tensão.

Para que consigamos a melhor eficiência possível dos painéis solares precisamos colocá-los na posição correta, que no nosso caso que estamos no hemisfério sul, a direção ideal dos painéis solares é o Norte. O sol percorre do Leste a Oeste e sofre uma leve inclinação ao longo do dia, para o Norte, sendo mais acentuada ao meio-dia. (blog.minhacasasolar.com.br/posicao-do-painel-solar/, 2021).

Para saber o potencial energético da nossa cidade e o grau de inclinação ideal dos painéis fotovoltaicos poderemos consultar o site cresesb.cepel.br, no link cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata, que após informarmos a latitude e longitude de nossa localização nos forneceu a informação que a melhor inclinação para a localidade de Ribeirão Preto é de 21°. (cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata 2021).

Os Painéis mais comuns comercializados, hoje, são os Monocristalinos e os Policristalinos. Monocristalino, como indica o nome, é feito de um único cristal de silício, esses painéis possuem eficiência mais alta em torno de 15% a 22% atualmente, além de terem um melhor funcionamento em condições de baixa luminosidade. Como são mais eficientes geram mais em energia elétrica em comparação com as policristalinas (em torno de 10% a 15%) ocupando a mesma área, isso é uma grande vantagem para quem não dispõe de muito espaço. A desvantagem é que ela é mais cara que a Policristalina, que é constituída de múltiplos cristais tem eficiência entre 14% e 20%. (www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html, 2021).

O Engenheiro, Arquiteto ou Técnico em Edificações deverá levar em consideração para efeito de cálculo qual a área disponível para instalação dos painéis, quantos serão instalados, qual o peso de cada painel e da estrutura onde serão fixados, pois todo esse peso “extra” será acrescentado na estrutura do telhado que será transferido para a laje, que por sua vez vai transferir para todo o sistema estrutural da residência até chegar na fundação. Importantíssimo, também, deixar projetados e instalados os eletrodutos para passagem dos cabos de energia das placas até os inversores ou quadro de distribuição e não esquecer do aterramento do sistema fotovoltaico. O peso do painel varia de acordo com o tamanho e fabricante, por exemplo: um

modulo solar na medida 1903 mm × 1134 mm × 30 mm (incluindo a estrutura), tem o peso de 24,2 kg com variação de até $\pm 5\%$.

O tempo de vida útil estimado de um módulo solar é de 25 anos

O painel Canadian Solar (da figura 7.2) tem garantia de produto estendida de 12 anos referente a materiais e mão-de-obra.

No site Americanas.com o Painel Solar 420W Halfcell policristalino Canadian Solar - CS3W-420P, o preço deste painel está R\$1.156,59 (cotado dia 30 de novembro, 2021).

Figura 7.2. Modulo solar



Fonte: csisolar.com/br/module

7.2 Inversor Solar

O inversor solar tradicional utiliza painéis solares interligados em séries, operando assim com altas tensões em corrente contínua, trazendo riscos às pessoas e propriedades, também é, é necessário criar um caminho de corrente contínua adicional ao circuito da residência. (gshengenharia.com.br/post/micro-inversor-x-inversor-tradicional-qual-%C3%A9-melhor, 2021).

O inversor é um equipamento eletrônico e é preciso protegê-lo de umidade ou incidência direta da luz do sol. Existem modelos que foram projetados para poderem ficar ao ar livre, porém, quanto mais ficarem protegidos maior deverá ser a durabilidade. É aconselhável que o inversor esteja perto do seu quadro de distribuição de energia para facilitar a ligação na rede e, também, a manutenção. (portalsolar.com.br/energia-solar-na-construcao-do-imovel.html, 2021).

Na ligação com inversor, se existir sombreamento em um ou mais painéis, o sistema fotovoltaico como um todo é afetado.

O tempo de vida útil estimado de um inversor solar é de 10 a 15 anos.

Na figura 7.3, o que temos é um Inversor Solar Fotovoltaico On Grid Growatt MIN5000TL-X 5KW Monofásico 220V 2MPPT, tem peso de 13,16 Kg, medidas 28cm x 44,5cm x 45cm (Altura x Largura x Comprimento) e potência de 5 Kw. Garantia de 10 anos. Preço de R\$5.189,00, na Aldosolar.com.br (cotado dia 30 de novembro, 2021).

Figura 7.3. Inversor Solar String



Fonte: aldo.com.br/produto/57555-2/inversor-solar-fotovoltaico-on-grid-growatt-min5000tl-x-5kw-monofasico-220v-2mppt-monitoramento

7.2 Microinversor Solar

Nos Microinversores as placas solares são ligadas diretamente e em entradas individualizadas que permitem um monitoramento individualizado de cada módulo, pois utilizam a tecnologia MLPE (do inglês “Module-Level Power Electronics”) traduzindo significa eletrônica de potência em nível de módulo.

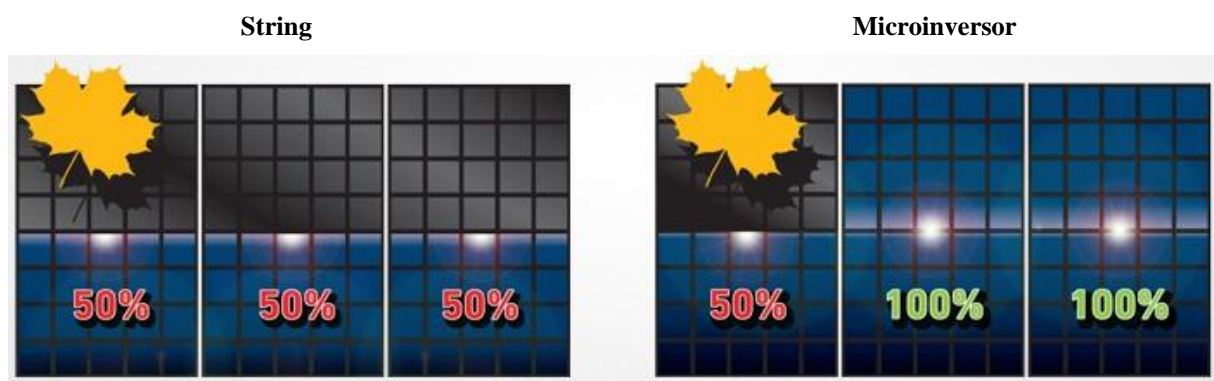
Essa característica tem a grande vantagem que se uma placa sofrer sombreamento ou qualquer outro problema isso não afetará o desempenho das outras, além de conseguirmos monitorá-las individualmente. Dessa maneira conseguimos identificar mais facilmente em qual módulo está o problema.

Os problemas citados que podem ocorrer e impactam na geração de energia da placa podem ser vários, dentre eles placa suja, sombra do telhado do vizinho(ou qualquer outra) projetada na placa, sombra de uma nuvem e problemas diversos como placa com defeito.

No inversor solar comum(string) as placas são interligadas entre si funcionando como grande unidade, mas nesse caso se houver problemas em apenas uma placa ela afetará todo o sistema(se uma for impactada gerando apenas 50% todas as outras irão gerar 50%)

Abaixo veremos Diferenças entre os efeitos do sombreamento com sistemas de string e microinversores.

Figura 7.4. Comparação de Inversor x Microinversor



Fonte: www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/tecnologia-mlpe

Os microinversores podem ser instalados no telhado, embaixo das placas, dependendo do modelo dá para ligar até 4 unidades em cada microinversor. eles trabalham em baixa tensão em corrente contínua. Os mesmos já convertem a corrente contínua em alternada. Se por um lado a localização do Microinversor embaixo das placas simplifica a instalação, sendo uma

vantagem, por outro lado fica a desvantagem de ter que subir no telhado na hora de fazer a manutenção.

Dependendo do Projeto, o uso de microinversores podem ter um custo de instalação mais alto em comparação com um Inversor. O Microinversor da foto é um APsystems QS1 1200W, 220Volts Monofásico, nas medidas: (l x A x p): 281mm 231mm 41,3mm e peso de 4.5kg. Conta com a garantia do fabricante de até 25 anos. Preço de R\$3.059,10 no site da Americanas.com (cotado dia 30 de novembro, 2021).

Tempo de vida útil esperado de um microinversor: 25 anos.

Figura 7.5. Microinversor solar APsystems



Fonte: portalsolar.com.br

Figura 7.6. Instalação de Microinversor solar no telhado



Fonte: csolar.com.br

Figura 7.7. Microinversor solar já instalado no telhado



Fonte: csolar.com.br

7.3 Sistema On Grid

On grid em português significa “na rede”, ou seja, o sistema trabalhará conectado na rede de distribuição de energia elétrica da sua cidade. Para isso o medidor de energia da concessionária local é trocado por um bidirecional este equipamento mede a energia líquida injetada ou consumida pela unidade consumidora.

Explicando: quando produzimos mais energia que consumimos o excedente será injetado na rede gerando créditos, mas no caso de gerarmos menos energia que consumimos vamos utilizar a da concessionária de energia.

Segundo nossa concessionária local a compensação de energia ocorre da seguinte forma: “A CPFL realiza a leitura do medidor bidirecional, coletando a leitura da energia consumida da rede da Distribuidora e a leitura da energia injetada pelo cliente na rede da mesma.” (<https://www.cpfl.com.br>, 2021)

7.3 Sistema Off Grid

Off Grid significa fora da rede, ou seja, é um sistema não conectado à rede elétrica. Ele utiliza baterias para armazenar energia excedente e a utiliza quando for necessário.

Os tipos de baterias mais utilizados são a de chumbo ácido e as de lítio.

Vida Útil de uma Bateria de Lítio varia de acordo com instruções do fabricante, por exemplo: encontramos com vida útil de 2.000 Ciclos de 6.000 Ciclos.

Na figura 7.8 temos uma Bateria Solar Lítio DYNESSE, modelo Powerbox F-5 48V Lítio Lifepo4 4.8KWH, Energia Solar Smart 6.000 CICLOS. Peso bruto: 80Kg, dimensão: 88cm x 56cm x 60cm (Altura x Largura x Comprimento), garantia: 10 anos. Preço no site da Aldo Solar: 15.989,00 (cotado dia 30 de novembro, 2021).

Figura 7.8. Bateria de Lítio Dyness



Fonte: aldo.com.br

A de chumbo ácido da figura 7.9, é uma Moura 12v, 220Ah, com peso de 57,04 Kg e tamanho de 24,6cm x 27,2cm x 51,7cm (Altura x Largura x Comprimento). Garantia de 24 meses. Preço no site da Aldo Solar: 1.999,00 (cotado dia 30 de novembro, 2021).

A vida útil estimada de uma Bateria Estacionária depende da profundidade de sua descarga. Por exemplo se a profundidade de descarga for de 10% a vida útil será acima de 5 anos, se for de 30% será 3 anos, de 60% menos de 1 ano, e assim por diante.

Figura 7.9. Bateria de Chumbo Ácido Moura



Fonte: aldo.com.br

7.4 Sistema Híbrido

É um sistema fotovoltaico que possibilita a operação no sistema Off Grid(forá da rede) e On Grid (na rede).

Nesse sistema a energia gerada pode ser armazenada em baterias, que pode ser usada à noite ou em momentos de falha dos sistemas de fornecimento pela rede da concessionária.

O inversor a ser usado é um híbrido, que fornece energia para o local da instalação e carrega as baterias.

O tempo de vida útil estimado de um inversor solar é de 10 a 15 anos.

O inversor híbrido da foto é um Deye SUN-5K-SG01/03LP1-EU, com potência de 5.000w. Tem peso de 20,5 Kg, Tamanho: (Comprimento x Largura x Altura) 580 mm x 330 mm x 208 mm. Garantia: 5 anos.

No site Neosolar, tem a venda o Inversor Híbrido On + Off Grid Deye SUN5K - 5000W - 48/220V (figura 7,10), pelo preço de R\$13.499,10 á vista (cotado dia 30 de novembro, 2021).

Figura 7.10. Inversor Híbrido Deye



Fonte: deyeinversores.com.br/

8 CONCLUSÃO

8.1 Investimento e geração de energia

O valor do investimento para um projeto de um sistema de energia solar fotovoltaico residencial (inclusos instalações e materiais), varia de acordo com a potência requerida no projeto.

Abaixo listamos o preço (médio) da instalação de energia solar fotovoltaica para residências:

Tabela1. Preços médios totais da instalação de placa solar e equipamento

Potência do gerador solar	Preço médio	Consumo médio mensal
2,23kWp	R\$ 15.862,36	186,3 kWh
2,67kWp	R\$ 17.543,92	298,08kWh
4,01kWp	R\$ 23.847,78	372,6kWh
4,45kWp	R\$25.997,62	447,12kWh
4,90kWp	R\$ 27.836,92	521,64kWh
5,34kWp	R\$ 29.302,02	558,9kWh
6,68kWp	R\$ 33.846,34	670,68kWh
7,12kWp	R\$ 36.523,62	707,94kWh
8,01kWp	R\$ 38.502,85	819,72kWh
8,90kWp	R\$ 43.405,05	894,24kWh
9,79kWp	R\$ 46.671,84	1006,02kWh
12,02kWp	R\$ 54.607,05	1155,06kWh
13,08kWp	R\$ 63.489,16	1341,36kWh
15,13kWp	R\$ 66.859,53	1564,92kWh
21,36kWp	R\$ 91.059,18	2235,6kWh

Fonte: portalsolar.com.br/painel-solar-precos-custos-de-instalacao.html

Tabela 2. Preço médio de instalação energia solar fotovoltaica

Consumo médio	Potência do Sistema	Preço Médio
186,3 kWh	2,23kWp	R\$ 3.638,58
298,08kWh	2,67kWp	R\$ 4.300,14
447,12kWh	4,90kWp	R\$ 6.853,14
670,68kWh	6,68kWp	R\$ 7.692,30
819,72kWh	8,01kWp	R\$ 7.814,40
1564,92Wh	15,13kWp	R\$ 11.229,87

Fonte: portalsolar.com.br/painel-solar-precos-custos-de-instalacao.html

Abaixo orçamento de um projeto para geração de 284 KWh/ mês, feito pela empresa Solstar, com opção de financiamento pelo banco Santander:

Tabela 2. Investimento.



INVESTIMENTO E CONDIÇÕES COMERCIAIS

INVESTIMENTO À VISTA



R\$ 15.915

MODALIDADE	ENTRADA	+	PRAZO	X	PARCELAS
Parcelado Solstar	R\$ 11140	+	1	X	R\$ 4774

Nota: Vencimentos das parcelas a cada 30 dias, a partir da data em que for efetuado o pagamento total do sinal. O vencimento das parcelas não está vinculado às datas de instalação e homologação.

Definição das etapas - Entrega: Descarregamento dos materiais; Instalação: Conexão física e elétrica dos painéis e inversores (sistema permanece desligado até homologação); Homologação: Troca do medidor de energia (sistema em pleno funcionamento).

Modalidade	Entrada	+	Prazo	X	Parcelas
Financiamento	R\$ 500	+	24	X	R\$ 841
	R\$ 500	+	36	X	R\$ 614
	R\$ 500	+	48	X	R\$ 503
	R\$ 500	+	60	X	R\$ 438
	R\$ 500	+	72	X	R\$ 403
	R\$ 500	+	84	X	R\$ 327
	R\$ 500	+	120	X	R\$ 290
Santander	R\$ 0	+	24	X	R\$ 746
	R\$ 0	+	36	X	R\$ 544
	R\$ 0	+	48	X	R\$ 444
	R\$ 0	+	60	X	R\$ 380
	R\$ 0	+	72	X	R\$ 337

Fonte: Solstar

Equipamentos incluídos no orçamento:

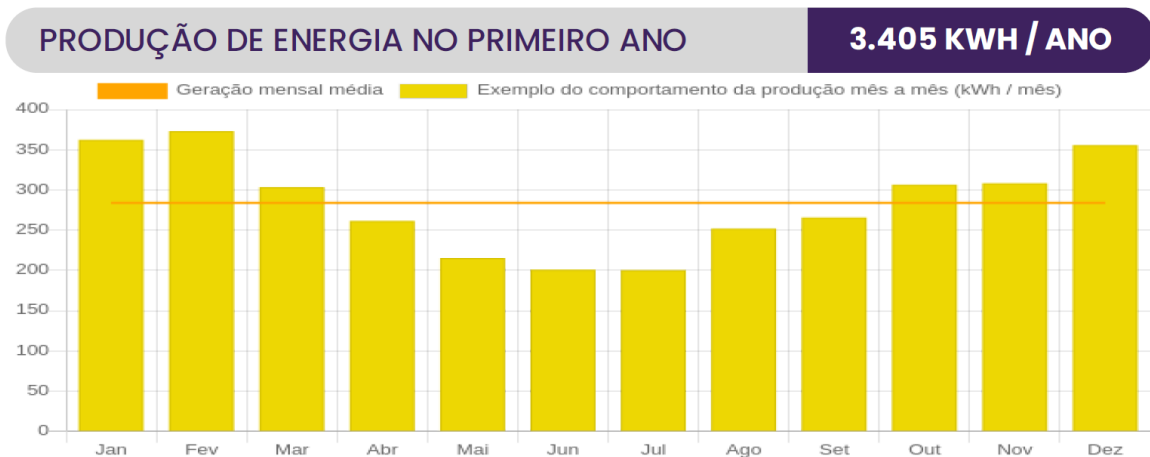
Tabela 3. Equipamentos

PRÉVIA DOS EQUIPAMENTOS ⁶	MARCA	GARANTIA DO FABRICANTE
Módulos		
7 Módulos 335 Wp	ZnShine	10/25 anos ⁷
Inversores		
1 inversor, potência 3 kW	KSTAR	5 anos
Estrutura de fixação	Diversos	12 anos
Outros		
Monitoramento WiFi p/ inversores on-grid	Diversos	5 anos

Fonte: Solstar

Abaixo é demonstrada a geração de energia esperada no primeiro ano, notem que a produção varia durante os meses.

Tabela 4. Geração de energia no primeiro ano



Fonte: Solstar

8.2 Análise Econômica.

No projeto analisado, para geração mensal média de 284 KWh/ Mês, o investimento total será de R\$15.915,00, para pagamento à vista, que será objeto desta análise.

Tabela 5. Resumo do Projeto.

RESUMO DO PROJETO		
PRINCIPAIS INFORMAÇÕES		
Proposta	Instalação e homologação de sistema fotovoltaico conectado à rede	
Dados da instalação	Tarifa considerada	R\$ 0,95
	Consumo médio mensal	295 kWh / mês
	Área de instalação	14 m ²
	Estrutura de fixação	Fibrocimento
Dados do sistema	Potência do sistema	2,35 kWp
	Produção de energia no primeiro ano ²	3.405 kWh / ano
	Produção mensal média de energia	284 kWh / mês
	Diferença entre produção e geração alvo	39 kWh / mês
	Produção vs Geração alvo	115,94%
Investimento	Investimento total	R\$ 15.915
	Economia de energia primeiro ano	R\$ 3.235
	Economia em 25 anos	R\$ 195.987
	Payback em	Mar/2026 (52 meses)
	Retorno % do investimento ¹	27,3%
	VPL ³	R\$ 72.152
Câmbio	R\$/US\$ 1⁴	

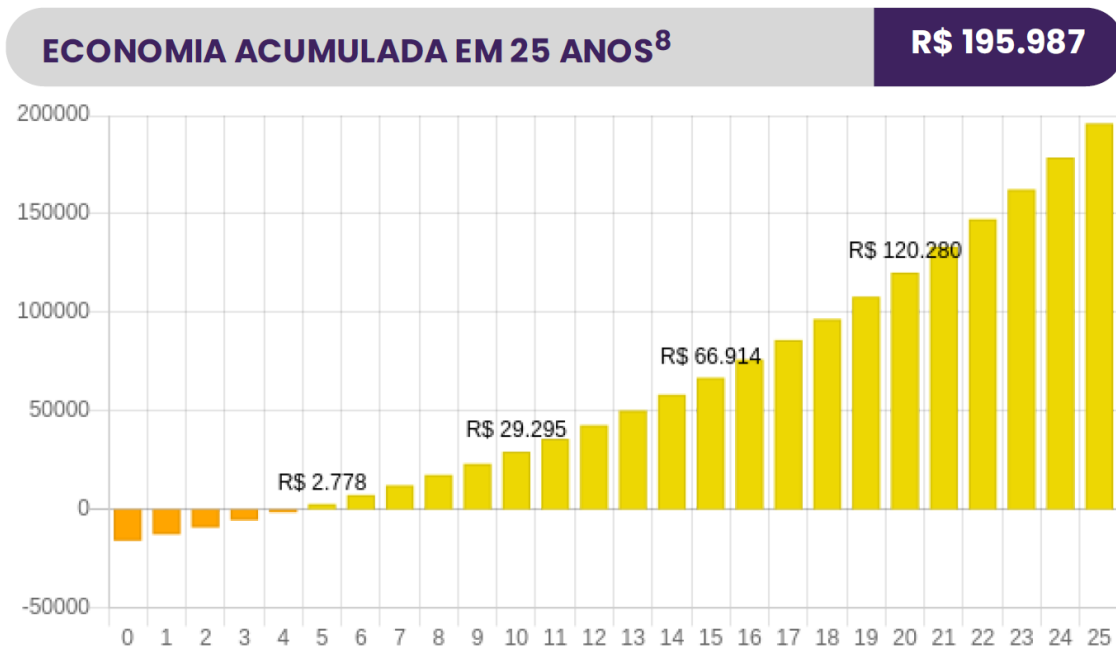
1. Taxa Interna de Retorno (TIR) do projeto.

2. A partir do segundo ano haverá uma queda de produção média de 0,7% ao ano.

3. VPL: Valor Presente Líquido. Valor do aporte necessário para que um investimento, com rentabilidade de 6% a.a. (otimista em relação ao mercado), gere o mesmo rendimento que um sistema fotovoltaico em 25 anos.

Fonte: Solstar

Tabela 6. Economia acumulada



8. A projeção considera queda de eficiência do sistema e reajuste das tarifas de energia.

Fonte: Solstar

Segundo a empresa Solstar, o tempo calculado para retorno do investimento de R\$15.915,00 será de 52 meses, e a economia acumulada em 25 anos será de R\$195.187,00. Levando-se em consideração a tarifa de energia a R\$0,95 o KW, contas estas feitas através dos critérios da empresa expostos nas duas tabelas acima.

Refizemos as contas, sob um prisma diferente e dividindo R\$15.915,00 por R\$269,80, que é o valor economizado na conta de energia por mês, chegamos a 59 meses. Esse cálculo foi feito como se o dinheiro investido no pagamento estivesse em conta corrente sem receber qualquer tipo de remuneração.

Nos aprofundaremos na análise, pois não foi levada em consideração o custo de oportunidade. O conceito de custo de oportunidade é “o que poderia ser ganho, no melhor uso alternativo” do recurso investido (VASCONCELLOS, 2002, p.131).

Faremos uma nova análise levando-se em consideração que o valor estivesse aplicado em LCI, Letra de Crédito Imobiliário (que é isento de Imposto de renda sobre o rendimento), a taxa mensal de 0,49 do CDI, Certificado de Depósito Interbancário, que a instituição financeira estivesse remunerando a aplicação em 90% do CDI. A taxa do CDI de outubro de 2021 foi de 0,49%, portanto adotaremos como se o LCI fosse remunerar constantemente 0,4410% (049% x 0,9).

Tabela 7. Análise Custo Oportunidade I

Tabela de Análise Custo Oportunidade I			
Valor Presente	Taxa %	Meses	Valor Futuro
R\$ 15.915,00	0,4410	86	R\$ 23.235,66
Valor Futuro	Valor Economizado por Mês		Tempo
R\$ 23.235,66	R\$ 269,80		86,12

Fonte: Luís Fernando, Valtercina e Jones.

Na análise acima, é uma das inúmeras que podemos fazer. É como se dinheiro ficasse investido todo esse tempo, sendo remunerado a 0,4410% ao mês, comparando-se com o valor economizado mensalmente na conta de energia no valor de R\$ 269,80, levaríamos um pouco mais de 86 para recuperarmos o valor investido.

Só que na análise acima não estamos remunerando o valor que deixou de ser pago à concessionária de energia, o que seria injusto, então preparamos uma nova tabela aplicando-se o referido valor, também, em LCI. Vejamos o novo tempo calculado de retorno do investimento:

Tabela 8. Análise Custo Oportunidade II

Tabela de Análise Custo Oportunidade II			
Valor Presente	Taxa %	Meses	Valor Futuro
R\$ 15.915,00	0,4410	68	R\$ 21.466,27
R\$ 15.915,00	0,4410	69	R\$ 21.560,93
Tabela Valor Economizado por Mês Sendo Aplicado			
Valor Prestação	Taxa %	Meses	Valor Futuro
R\$ 269,80	0,4410	68	R\$ 21.339,73
R\$ 15.915,00	0,4410	69	R\$ 21.703,64

Fonte: Luís Fernando, Valtercina e Jones.

Nesse novo enfoque, o cálculo foi feito com aplicação mensal do valor de R\$269,80 sendo remunerado a mesma taxa de 0,4410% ao mês. Aqui o retorno se dá entre o 68º e 69º mês (até já ultrapassando o valor).

Por conseguinte, em todas as análises econômicas feitas, concluímos que vale a pena investir em energia fotovoltaica, isso sem falar nos impactos ambientais, já que é uma energia limpa e ajuda para que não sejamos obrigados a ligar as poluentes Usinas Termoelétricas e,

também, a não construção de Usinas Hidrelétricas, com seus fortes impactos ambientais no local da construção.

Em nosso País, o grande obstáculo, é que uma parte substancial da população não tem renda o suficiente para conseguir fazer esse investimento, tampouco tem acesso a sistemas de financiamento bancário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldo Solar, Foto Baterias, Disponível em < <https://www.aldo.com.br/> >, Acesso em 14 nov. 2021.

ALVES FREITAS, S. S., “**Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos**”, Tese de M. Sc., Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal, 2008. Disponível em: https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2098/1/Susana_Freitas_MEI_2008.pdf, Acesso em 14 Mai. 2021

ANBINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira**, 2012.

ANEEL - Eficiência Energética, **Revista de Eficiência Energética**, 2015

ANEEL - Eficiência Energética, **A Busca da Articulação entre Ações de Incentivo**, 2013.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>

ASPE – Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo, **A Energia Solar no Espírito Santo Tecnologias, Aplicadas e oportunidades**. Espírito Santo, 2013.

CPFL **Perguntas E Respostas**. Disponível em <<https://www.cpf.com.br/atendimento-a-consumidores/produtos-e-servicos/Documents/FAQ%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa%20-%20CPFL.PDF>>. Acesso em 30 out. 2021.

Cresesb – Cepel, **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, Rio de Janeiro, 2014.

Cresesb.com.br, **Coordenada Geografica**. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>> Acesso em 01 nov. 2021.

CSOLAR, **Foto Microinversor, Inversor Solar e Módulo Solar**. Disponível em <<https://csolar.com.br/>>. Acesso em 29 out. 2021.

Deye, Foto Inversor Híbrido. Disponível em < <http://deyeinversores.com.br/produtos/sun-7-6kw/> >. Acesso em 28 nov. 2021.

ECORIENERGIASOLAR, **Figura Comparação de Inversor x Microinversor**. Disponível em <<https://www.ecorienergiasolar.com.br/>>. Acesso em 29 out. 2021.

Energia Fotovoltaica – **Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação**, Alemanha, 2004

Edifícios Solares Fotovoltaicos – **O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**, Ricardo Rütther, Florianópolis 2004.

Eletromalu, **Selo Inmetro Painel Solar**. Disponível em <<https://www.eletromalu.com.br/>>. Acesso em 01 nov. 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Energética Brasileira**, Rio de Janeiro, 2012.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, **Balanco Energético Nacional 2015**, Rio de Janeiro, 2015.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, **Eficiência Energética e Geração Distribuída 2014-2023**, Rio de Janeiro, 2014.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, **Projeções de Demanda de Energia Elétrica 2015-2014**, Rio de Janeiro, 2015.

GOMES SOARES, N F, **Projecto e Monitorização de Sistemas de Produção de Energia, Baseados em Fontes de Energias Renováveis**, Teses de M. Sc., Coimbra, Portugal, 2012.

Disponível em:

<http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese_Mest_NunoSoares.pdf

>. A acesso em 10 out. 2021

GSH Engenharia, **Micro Inversor x Inversor**. Disponível em:

<<https://www.gshengenharia.com.br/post/micro-inversor-x-inversor-tradicional-qual-%C3%A9-melhor>>, Acesso em 10 out. 2021

IEA – **International Energy Agency**, “**Key World Energy Statistics 2015**”, Paris, 2015.

INMETRO, **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**, disponível em:

<<http://www.inmetro.gov.br/>>. A acesso em 10 out. 2021

Minha Casa Solar, **Posição Do Painel solar**. Disponível em

<blog.minhacasasolar.com.br/posicao-do-painel-solar/>. Acesso em 10 Out. 2021.

MME – Ministério de Minas e Energia, **Plano Nacional de Eficiência Energética –**

Premissas e Diretrizes Básicas Disponível em < <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica/documentos/plano-nacional-eficiencia-energetica-pdf.pdf/view>>. Acesso em 28 Nov. 2021.

MME – Ministério de Minas e Energia, **Resenha Energética Brasileira**, Brasília 2015. 115

Portal-energia.com, **Energia Fotovoltaica. Manual sobre tecnologias, projecto e instalação, 2004**. Disponível e< www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>. Acesso em 28 out. 2021.

Portal Solar, **Energia Solar na Construção**. Disponível em:

<<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-na-construcao-do-imovel.html>>. Acesso em 10 out. 2021.

Procel Info, **Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso em 10 out. 2021.

PRODIST, **Procedimento de Distribuição Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/prodist>>. Acesso em 10 out. 2021.

REN 21, **Renewables Global Status Report 2015**, Paris, 2015.

Resumo Escolar, Disponível em: <<http://www.resumoescolar.com.br/geografia/movimentos-da-terra/>>. Acesso em 10 out. 2021.

Solargis, **Coordenadas Geográficas**. Disponível em: <<http://solargis.info/imaps/>>. Acesso em 10 out. 2021.

Solar Power Europe, **Global Market Outlook 2015-2019**, Bélgica, 2015.

SWERA – Solar and Wind Energy Resources Assessment, **Atlas Brasileiro de Energia Solar**, São José dos Campos, 2006.

VASCONCELLOS, MARCO ANTONIO SANDOVAL DE. **Economia Micro e Macro**. São Paulo. 2002.

WS Energia. Disponível em: <<http://ws-energia.pt/np4PT/home.html>>.