

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Ramon Magalhães Campos Batista

**ESTUDO DE VIABILIDADE
TÉCNICA/ECONÔMICA PARA A
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE
MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA USO RESIDENCIAL**

Taubaté – SP

2017

Ramon Magalhães Campos Batista

**ESTUDO DE VIABILIDADE
TÉCNICA/ECONÔMICA PARA A
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE
MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA USO RESIDENCIAL**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Lucas Giovanetti

Co-Orientador: Eng. Esp. Rodrigo Magalhães Campos Batista

Taubaté – SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

B333e Batista, Ramon Magalhães Campos
Estudo de viabilidade técnica/econômica para a
implementação de uma usina de microgeração de energia
solar fotovoltaica para uso residencial. / Ramon Magalhães
Campos Batista. - 2017.
60f. : il; 30 cm.
Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2017
Orientador: Prof. Me Lucas Giovanetti, Departamento
de Engenharia Mecânica e Elétrica.
1. Energia solar fotovoltaica. 2. Fontes renováveis. 3.
Micro usinas. 4. Geração própria. 5. Conectado à rede. I.
Título.

RAMON MAGALHÃES CAMPOS BATISTA

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA PARA A IMPLEMENTAÇÃO
DE UMA USINA DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
PARA USO RESIDENCIAL

Trabalho de Graduação apresentado
para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade de Taubaté.

Data: 07 DE NOVEMBRO DE 2017

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA

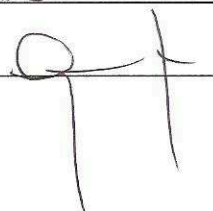
Prof. Me. LUCAS GIOVANETTI

Universidade de Taubaté

Assinatura Lucas Giovanetti

Prof. José Carlos Sávio de Souza

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura 

Dedico este pequeno trabalho ao meu amado núcleo familiar:

Mãe, pai, irmão e sobrinha.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e rainha Elizabeth. Pessoa sobre à qual não existem palavras para me expressar, e a quem devo agradecer por tudo, mas principalmente neste caso, pela ajuda financeira no momento em que mais precisei.

À minha pequena sobrinha Alice. Uma luz que desde janeiro de 2013 ilumina minha vida e me ajuda a continuar.

Ao meu irmão e parceiro Rodrigo pela ideia, ajuda, encorajamento, disponibilidade, boa vontade, financiamento e inspiração, entre muitas outras coisas.

Ao meu pai Adailton pela excelente criação que me proporcionou e que, juntamente com a sua paixão contagiante pela ciência, exerceu forte influência sobre mim. Fato este que, entre outros, me levaram a escolher a carreira de exatas.

Ao saudoso Sebastião que, infelizmente, não pôde acompanhar mais esta conquista. Mas que mesmo não estando presente, contribuiu e muito para sua concretização, e que, tenho certeza, ficaria muito feliz com ela.

Ao meu amigo e professor Luíz Mira por suas aulas e paciência, sem as quais tudo teria sido mais difícil.

À Sunrise Engenharia & Consultoria, pequena e promissora empresa sem a qual este trabalho não teria sido possível.

E finalmente agradeço também à todas as pessoas que, de alguma forma, de um jeito ou de outro, por bem ou por mal, contribuíram para que eu chegasse até aqui hoje (elas sabem quem são).

Na natureza nada se cria, nada
se perde, tudo se transforma.

Antoine Lavoisier

RESUMO

Seguindo a tendência mundial de mudança de paradigma com relação à matriz energética, através do uso de fontes renováveis como opção frente ao uso de combustíveis fósseis, para que se possa contribuir com a redução de emissão de carbono na atmosfera, há uma crescente demanda mundial por equipamentos de geração de energia solar fotovoltaica. Este trabalho tem por objetivo descrever os métodos e etapas do dimensionamento, projeto e instalação de uma usina de microgeração de energia deste tipo. Para isto foi feito um estudo de caso de uma instalação residencial localizada na cidade de Cruzeiro/SP, analisando os resultados das diferentes simulações feitas utilizando-se *PVSyst*TM 6, software específico da área. Foram comparadas diversas variáveis tais como:

- Escolha da melhor localização/posicionamento/orientação/inclinação dos painéis;
- Simulações 3D de sombreamento nos painéis devido a obstáculos;
- Definição do *layout* e melhor arranjo elétrico dos painéis pensando na montagem e instalação;
- Escolha dos equipamentos disponíveis no mercado (painéis solares, suportes e estrutura para telhado, cabeamentos, conectores, *stringboxes* e inversores) de acordo com a melhor relação custo/benefício;
- Bem como o relatório final emitido pelo software, indicando a taxa de performance global do sistema, diagrama de perdas, entre outros indicadores.

Também serão abordadas neste estudo as etapas burocráticas da elaboração do projeto elétrico e documentação final para a homologação do sistema junto à concessionária de energia, para acesso ao sistema de compensação.

Com os resultados obtidos por meio do software *PVSyst*TM 6, os dados técnicos e de eficiência dos equipamentos adquiridos e os valores gastos na compra dos mesmos, poderemos constatar qual foi a diminuição no consumo de energia elétrica da residência e conseqüentemente o tempo de retorno do investimento (*payback*).

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica. Fontes Renováveis. Micro Usinas. Geração Própria. Conectado à Rede.

ABSTRACT

Following the worldwide paradigm shift towards the energy matrix, through the use of renewable sources as an option against the use of fossil fuels, to contribute to the reduction of carbon emissions in the atmosphere, there is a growing photovoltaic solar energy generation equipment. The objective of this work is to describe the methods and stages of the design, design and installation of a micro power generation plant of this type. For this purpose, a case study of a residential installation located in the city of Cruzeiro / SP was carried out, analyzing the results of the different simulations using PVSyst TM 6, area specific software. Several variables were compared, such as:

- Choice of the best location / positioning / orientation / inclination of the panels;
- 3D shading simulations on panels due to obstacles;
- Definition of the layout and better electrical arrangement of the panels, considering assembly and installation;
- Choice of equipment available in the market (solar panels, supports and roof structure, cabling, connectors, stringboxes and inverters) according to the best cost / benefit ratio;
- As well as the final report issued by the software, indicating the overall performance rate of the system, loss diagram, among other indicators.

Also discussed in this study are the bureaucratic steps of the design of the electrical project and final documentation for the approval of the system with the energy concessionaire for access to the compensation system.

With the results obtained using the PVSyst TM 6 software, the technical and efficiency data of the equipment purchased and the amounts spent on purchasing them, we will be able to verify the decrease in the electric energy consumption of the residence and consequently the time of return of the investment (payback).

Keywords: Photovoltaic Solar Energy. Renewable Sources. Micro Power Plants. Own Generation. Grid-Connected.

SUMÁRIO

Resumo	6
Abstract	7
1 Introdução	9
2 Revisão Bibliográfica	12
3 Metodologia	32
5 Resultados e Discussão	54
6 Conclusões	55
Referências	57

1 INTRODUÇÃO

Seguindo a tendência mundial de mudança de paradigma com relação à matriz energética, através do uso de fontes renováveis como opção frente ao uso de combustíveis fósseis, para no fim contribuir com a redução de emissão de carbono na atmosfera, há uma crescente demanda mundial por equipamentos de geração de energia solar.

Junto a esta demanda, criou-se também um nicho de mercado de projetos de engenharia envolvendo o assunto, e uma grande oportunidade de recém-formados empreenderem na área. Visando isto, empresas do ramo buscam fazer o dimensionamento, projeto e verificação dos equipamentos necessários para a instalação de micro usinas, de acordo com a faixa de consumo mensal da residência.

1.1. Justificativa / Relevância

O Brasil está passando por uma grave e profunda crise política/financeira que já se estende a anos devido a vários motivos, mas principalmente pela corrupção e má administração do estado e ineficiência no comando das estatais, principalmente das estatais responsáveis pela geração e distribuição de energia elétrica.

Juntando-se a isso há também o problema dos longos períodos de estiagem que a alguns anos assolam o país, onde o nível de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas chega a níveis alarmantes, e se faz necessário o acionamento das usinas termelétricas, onde a energia gerada é bem mais cara que a usual.

Devido a isto, foi instituído desde o ano de 2014 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) o “Sistema de Bandeiras Tarifárias”, onde os cidadãos brasileiros passaram a sofrer com constantes aumentos na conta de luz, devido

aos meses onde as bandeiras amarela ou vermelha estão em vigência, para justamente arcar com os custos de acionamento destas termelétricas.

Como uma forma de se tornarem independentes das oscilações e instabilidades do mercado energético brasileiro, e deixarem de se tornar reféns das inconstâncias dos períodos de estiagem, muitos brasileiros passaram a se interessar mais pela geração própria de energia elétrica, através do uso de equipamentos de energia solar fotovoltaica.

Esta pesquisa tentará contribuir um pouco para esclarecer dúvidas a respeito deste assunto.

1.2. Objetivos

Uma usina de microgeração de energia solar fotovoltaica para uso residencial localizada na cidade de Cruzeiro/SP será o objeto de estudo deste trabalho.

Foi feito um estudo de caso desta instalação, que terá por objetivo descrever e avaliar todos as etapas, métodos e aspectos de uma instalação deste porte, abordando desde o pré-dimensionamento, até o projeto e execução finais.

Com isto, poder-se-á ao fim, verificar a viabilidade técnica e econômica da mesma. Também serão abordados neste estudo as etapas burocráticas de elaboração do projeto elétrico e a documentação final para a homologação do sistema junto à concessionária de energia, para acesso ao sistema de compensação.

1.3. Delimitação do Estudo

Neste estudo de caso serão abordados somente os aspectos relacionados a instalação de uma micro-usina solar fotovoltaica de geração de energia elétrica para uso residencial, de pequeno porte e conectada à rede elétrica pública (on-grid).

Excetuando-se assim, os casos de usinas de médio e grande porte, de sistemas de aquecimento solar (térmicas) e de sistemas isolados/autônomos utilizando banco de baterias (off-grid).

1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, da forma como segue:

No capítulo 1 encontra-se a introdução mencionando o tipo de pesquisa e objetivos.

No capítulo 2 está a revisão da literatura com os conceitos referentes a geração de energia solar fotovoltaica.

O capítulo 3 aborda a metodologia empregada para se chegar aos resultados.

O capítulo 4 descreve as principais etapas de um projeto de dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.

O capítulo 5 relata a comparação entre os valores de energia consumidos e gerados, além dos resultados obtidos.

O capítulo 6 apresenta as conclusões.

O capítulo 7 apresenta as referências bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo busca contextualizar o leitor leigo no assunto, expondo e discutindo os conceitos básicos referentes à geração de energia solar fotovoltaica: Sua história, seu uso, demanda e equipamentos existentes, bem como os motivos e a fundamentação teórica que justificam este trabalho. Para isto foi feita pesquisa bibliográfica embasando todo o atual cenário da microgeração de energia conectada à rede elétrica.

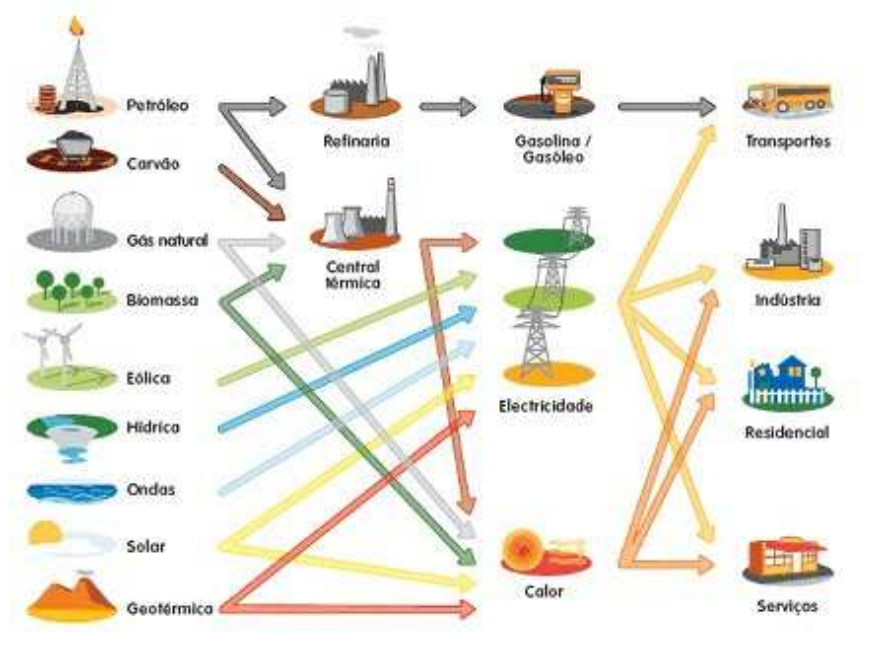
2.1. O Atual Cenário Mundial de Consumo Energético

O homem e toda a sua sociedade tecnológica é altamente dependente de energia elétrica, e praticamente toda atividade humana demanda o consumo da mesma. Nosso estilo de vida atual é impensável sem ela.

Segundo Villalva (2015) o consumo de energia elétrica no mundo todo tem crescido vertiginosamente, e a previsão para 2030 é a de que chegue a quase 30.000 TWh (terawatts-hora), frente aos 20.000 TWh consumidos hoje. Como praticamente todos os habitantes do planeta buscam ter um padrão de vida similar ao dos habitantes dos países desenvolvidos, essa previsão de aumento será ainda maior e mais alarmante.

2.2. Fontes Energéticas

Figura 1: Exemplos de Fontes Energéticas



Fonte: Portal Energia

Há várias maneiras de se produzir energia elétrica, utilizando-se fontes renováveis e não renováveis. Entre as renováveis estão a hidrelétrica (a mais utilizada em todo o mundo), a solar, a eólica, a geotérmica, a de biomassa e a oceânica. E entre as não renováveis estão a nuclear, e os chamados combustíveis fósseis como o carvão mineral, o petróleo e o gás natural.

O conceito de fontes renováveis deriva do fato de serem consideradas inesgotáveis do ponto de vista do padrão humano de utilização, pois podemos utilizá-las indefinidamente ao passo que sempre se renovam, e por isto nunca acabam. Já para as fontes não renováveis, sua disponibilidade diminui com o uso, por maiores que sejam as reservas conhecidas, e a humanidade não poderá contar com a energia gerada a partir destas fontes para todo o sempre (VILLALVA, 2015).

2.3. Fontes Tradicionais vs Fontes Limpas

Figura 2: Fontes Tradicionais vs Fontes Limpas



Fonte: Colaferro

De acordo com Villalva (2015), além do inconveniente de serem limitadas, as fontes consideradas não renováveis são causadoras de diversos danos ao meio ambiente, dentre os quais podemos citar, relacionado às usinas nucleares, as contaminações causadas pela estocagem dos dejetos radioativos, e pelos acidentes que, apesar de raros, são desastrosos quando acontecem e representam um risco permanente para o planeta. Já relacionado aos combustíveis fósseis, temos os constantes vazamentos de petróleo nos oceanos, e a emissão de substâncias nocivas (como o carbono) na atmosfera causada pela queima dos mesmos.

Na verdade, não existem fontes de energia 100% limpas. Mesmo associadas a isto, as fontes consideradas renováveis produzem algum tipo de impacto ambiental negativo (mesmo que reduzido), gerando resíduos tóxicos durante sua fabricação ou empregando algum tipo de insumo também tóxico durante seu funcionamento, ou ainda, afetando e modificando habitats naturais devido a sua instalação. Apesar disto, são consideradas limpas e seguras quando comparadas com as não renováveis, e o seu uso ajuda a combater e diminuir o chamado efeito estufa, causado entre outras coisas pela emissão de poluentes na atmosfera, que por sua vez produz o aquecimento global e conseqüentemente as mudanças climáticas.

2.4. Fontes Alternativas de Energia

Figura 3: Exemplo de Tendência Mundial



Fonte: Ruther, R.

Como exposto nos parágrafos anteriores, hoje há uma forte tendência mundial de mudança de paradigma relacionada à matriz energética, devido ao aumento acelerado da demanda de energia elétrica ao mesmo tempo em que se tenta diminuir e até mesmo substituir a dependência de combustíveis fósseis, o que leva a preferência por novas fontes de energia que não poluam. Mesmo que as fontes tradicionais de energia ainda constituam a base da geração de eletricidade do planeta, há uma crescente participação do uso de fontes alternativas em vários países do mundo (VILLALVA, 2015).

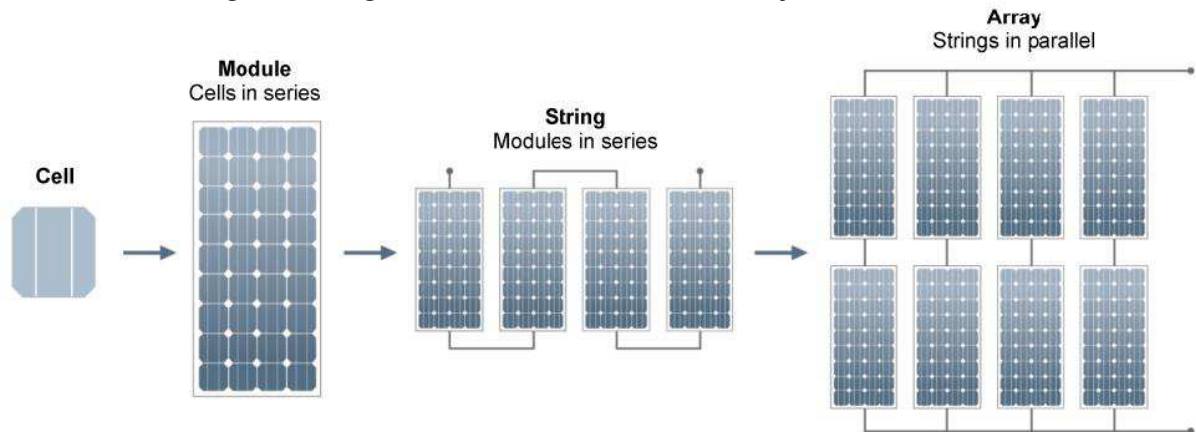
Existem diversos tipos de usinas que utilizam fontes alternativas de energia, mas pode-se citar como alguns exemplos as mais populares que são:

- As oceânicas;
- As geotérmicas;
- As de biomassa;
- Os geradores eólicos;
- Os sistemas solares térmicos.

E por último podemos destacar aquela que tem sido vista como uma das tecnologias mais promissoras nos dias atuais, que são os sistemas solares fotovoltaicos, e que serão o enfoque deste trabalho.

2.5. O que é a Energia Solar Fotovoltaica

Figura 4: Diagrama de Conexões de um Arranjo Fotovoltaico



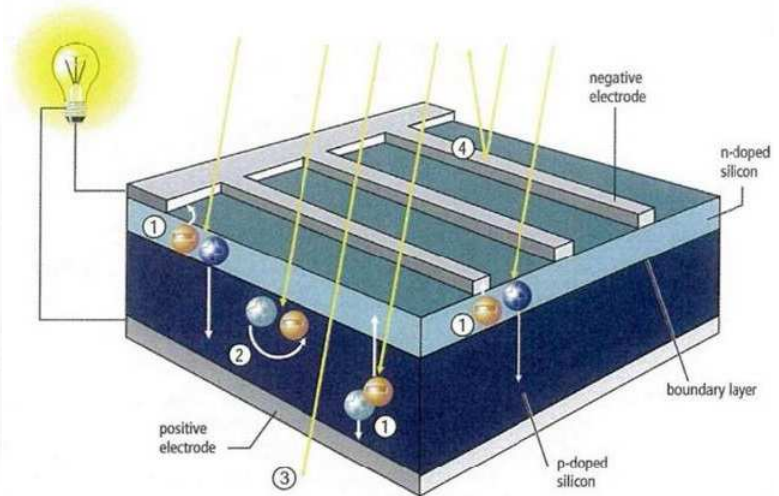
Fonte: Energy Vale

A energia solar fotovoltaica consiste na geração de energia elétrica através do uso da luz do sol, utilizando como princípio o efeito fotovoltaico (ou fotoelétrico). Para isto são instalados módulos fotovoltaicos no telhado ou no solo da edificação, que depois são ligados entre si em série como fileiras de módulos ou *strings*, e em arranjos fotovoltaicos maiores as *strings* são ligadas entre si em paralelo, formando matrizes ou *arrays*. Os módulos captam a luz do sol através de suas células fotovoltaicas individuais produzindo corrente elétrica (Corrente Contínua ou CC). Por sua vez, esta corrente elétrica é processada por dispositivos controladores que a convertem em energia elétrica. Esta energia pode ser armazenada em baterias (sistemas isolados/autônomos ou *off-grid*) ou utilizada em sistemas diretamente conectados à rede elétrica pública (sistemas conectados, *on-grid* ou *grid-tie*) (COLAFERRO, 2017; VILLALVA, 2015).

Figura 5a: Célula Fotovoltaica de Silício



Figura 5b: Princípio Físico do Efeito Fotovoltaico



Fonte: Di Souza

2.6. Diferença entre Sistemas Isolados e Conectados

Os sistemas fotovoltaicos isolados (também conhecidos como sistemas autônomos) são todos aqueles que não estão conectados a alguma rede de distribuição, e onde a energia gerada deve ser utilizada imediatamente ou armazenada de alguma forma, sendo necessário o uso de uma bateria ou de um banco de baterias neste caso. São mais comumente empregados para fornecer eletricidade em residências que se situam em localidades que não são atendidas por uma rede elétrica pública, seja por impossibilidades técnicas ou por não se mostrarem economicamente viáveis para o esforço de extensão da rede como:

- Ilhas;
- Praias;
- Campings;
- Zonas rurais;
- Povoados remotos;
- Comunidades isoladas em florestas.

Figura 6a: Exemplo de Comunidade Isolada**Figura 6b: Exemplo de Uso de um Painel Solar**

Fonte: Ruther, R.

Também se observa o uso destes sistemas em aplicações como suporte a iluminação pública, sinalização de estradas, antenas de telefonia celular, sistemas de bombeamento de água e radares de trânsito (VILLALVA, 2015; EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2012).

Figura 7a: Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico**Figura 7b: Sistema de Bombeamento**

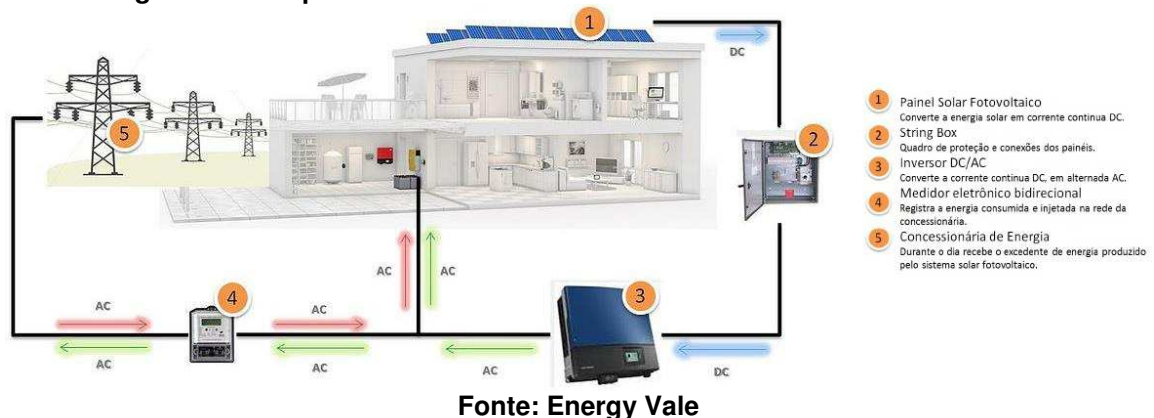
Fonte: Di Souza

Segundo Villalva (2015) diferentemente dos sistemas isolados, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica operam em locais que já são atendidos pela rede de distribuição, e funcionam paralelamente a ela. Seu objetivo é gerar energia para o uso próprio da residência, podendo diminuir ou zerar o consumo que vem da rede pública, ou até mesmo criar um excedente de energia, pois a própria rede age como um banco de baterias, onde essa energia gerada a mais é rapidamente escoada. Por não necessitarem de sistemas de armazenamento, e também pelo fato de a unidade consumidora se situar junto à unidade de geração, o que elimina a

necessidade de centrais retransmissoras, os sistemas conectados são muito mais eficientes e muito mais baratos do que os isolados. Podemos classificá-los em três categorias, de acordo com a potência instalada:

- Microgeração: Central geradora com potência menor ou igual a 100 kW;
- Minigeração: Central geradora com potência acima de 100 kW e abaixo de 1 MW;
- Usina: Central geradora com potência acima de 1 MW.

Figura 8: Exemplo de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede ou *Grid-Tie*



2.7 Ítens, Acessórios e Equipamentos

Os equipamentos fotovoltaicos disponíveis no mercado brasileiro são, em sua grande maioria, importados. Mas já existem alguns fabricantes e montadoras estrangeiras que se instalaram no país, e ainda outras de origem 100% nacional. Como este trabalho tem o intuito de limitar-se à abordagem de um sistema fotovoltaico de microgeração conectado à rede elétrica, adiante serão relacionados somente os equipamentos necessários a este tipo de instalação, que são compostos basicamente pelos seguintes itens:

- Módulos Fotovoltaicos;
- Estruturas e Sistemas de Fixação para Telhados;
- Cabos e Conectores Elétricos Especiais;
- *Stringbox*;
- Inversor Solar *Grid-Tie*.

No setor fotovoltaico, estes equipamentos são usualmente fornecidos para o comprador final na forma de kits fotovoltaicos, que apresentam a facilidade e a comodidade de serem soluções prontas, com os itens já previamente dimensionados de acordo com a potência que se deseja gerar, e agrupados por faixas de preço. Todos os itens que compõem um kit fotovoltaico possuem uma garantia/vida útil de no mínimo 25 anos (GREENER, 2017).

2.7.1. Módulos Fotovoltaicos

Figura 9a: Módulo Fotovoltaico



Figura 9b: Estrutura Interna de um Módulo Fotovoltaico



Fonte: Portal Solar

Também chamados de placas fotovoltaicas ou painéis fotovoltaicos, é um dispositivo onde a estrutura (ou moldura) é geralmente fabricada em alumínio anodizado, e a parte superior que receberá a luz precisa ser feita de material translúcido. Geralmente utiliza-se vidro temperado (resistente a chuvas de granizo) que além disto, ainda recebe um tratamento antirreflexivo para maximizar a absorção de luz pelas células.

Figura 10: Detalhe das Ligações em Série das Células Fotovoltaicas



Fonte: Di Souza

Em seu interior há um “sanduíche” de diferentes materiais como o já citado vidro, lâminas de plástico, conexões elétricas além do componente principal que é o agrupamento de várias células fotovoltaicas individuais. Estas células são montadas sobre uma estrutura rígida e conectadas eletricamente entre si em série para que alcancem maiores tensões. Isto é necessário pois sozinhas elas produzem muito pouca eletricidade. Feitas de silício, são o componente básico onde ocorre o efeito fotovoltaico. Na parte traseira dos módulos fotovoltaicos comerciais há uma caixa de conexões (também chamada de caixa de junção) onde além de abrigarem os diodos de *by-pass*, é onde são ligados os cabos elétricos já com os conectores macho e fêmea fixados aos terminais positivo e negativo dos mesmos (PORTAL SOLAR, 2016; VILLALVA, 2015).

Figura 11: Interior de uma Caixa de Junção com os Diodos de *By-Pass*



Fonte: Di Souza

2.7.2. Estruturas e Sistemas de Fixação para Telhados

Para a montagem dos módulos fotovoltaicos, é necessária a escolha dos suportes e estruturas de fixação corretos, de acordo com o tipo de madeiramento e de telha, para que se tenha uma boa ancoragem nos telhados. Existem sistemas de fixação para os mais diversos tipos de telhados e coberturas, dentre os quais pode-se citar:

Figura 12: Tipos de Telha

- Telhas metálicas: Nas quais se pode fixar diretamente os trilhos e que são as mais indicadas;



- Telhas de argila/cerâmica do tipo francesa ou romana: Nas quais se fixa os suportes nos caibros;



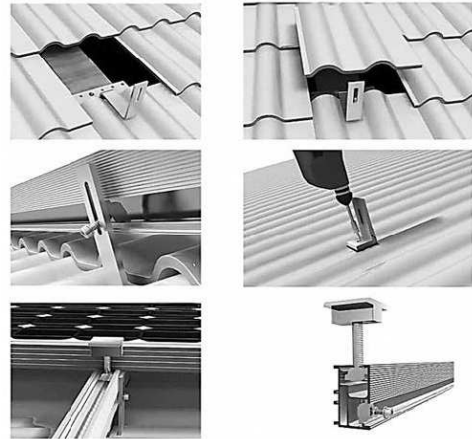
- Telhas do tipo fibrocimento (Brasilit): Consideradas a pior opção por serem frágeis.

Fonte: Portal Solar

Figura 13: Exemplo de Montagem dos Módulos no Telhado

Fonte: Portal Solar

A estrutura toda é composta pelos suportes que são fixados aos caibros (ou diretamente nas telhas), depois pelos trilhos que são montados sobre os suportes, e por último as presilhas que são parafusadas aos trilhos e que fixam os módulos também sob os trilhos. São fabricados com os mais diversos tipos de materiais, mas normalmente se utiliza alumínio para as presilhas e trilhos, e outra liga metálica (como o aço inoxidável) para os suportes. Também existem sistemas e estruturas de fixação para montagem direta sobre a laje ou sobre o solo (PORTAL SOLAR, 2016; BLUE-SOL, 2017).

Figura 14a: Diferentes Peças de um Sistema de Fixação**Figura 14b: Exemplos de Aplicação**

Fontes: Energy Vale e Di Souza

2.7.3 Cabos e Conectores Elétricos Especiais

Figura 15: Cabo e Conectores Fotovoltaicos

Fonte: Energy Vale

Conforme Villalva (2015), por se tratarem de equipamentos que obrigatoriamente necessitam ficar expostos às intempéries e também a excessiva radiação solar, tanto os cabos como os conectores fotovoltaicos devem seguir padrões desenvolvidos especificamente para este tipo de função. Exigem processos de fabricação e características especiais próprias, como por exemplo proteção contra radiação ultravioleta, para evitar seu ressecamento e consequente deterioração prematura. Além disto, os sistemas fotovoltaicos normalmente trabalham com tensões CC (Corrente Contínua) mais altas do que as encontradas nas instalações elétricas convencionais. Além das características especiais dos cabos e conectores citadas acima, também pode-se destacar:

- Resistência à abrasão;
- Resistência à incêndio;
- Operação em uma ampla faixa de temperaturas ambiente (entre -40°C a $+90^{\circ}\text{C}$);
- Apresentam flexibilidade mesmo a baixas temperaturas (no caso dos cabos).

Figura 16: Esquema de “Crimpagem” de Conectores e Cabos Fotovoltaicos



Fonte: Energy Vale

Como os módulos fotovoltaicos são montados lado a lado, e interligados eletricamente entre si em série (terminal positivo de um ao negativo do outro) para que possam formar *strings*, os mesmos já saem de fábrica com os dois cabos que os acompanham no comprimento adequado, já devidamente fixados à caixa de junção e com os conectores instalados nos terminais. Porém, caso seja necessária a confecção de cabos elétricos com maior comprimento para outras finalidades, como por exemplo a interligação em paralelo de várias *strings* em um arranjo fotovoltaico maior chamado *array* (matriz), se faz necessário a utilização de ferramentas especiais para cortar e desencapar os fios, e depois “*crimpar*” os conectores aos terminais dos novos cabos.

Figura 17a: Conectores Padrão MC3



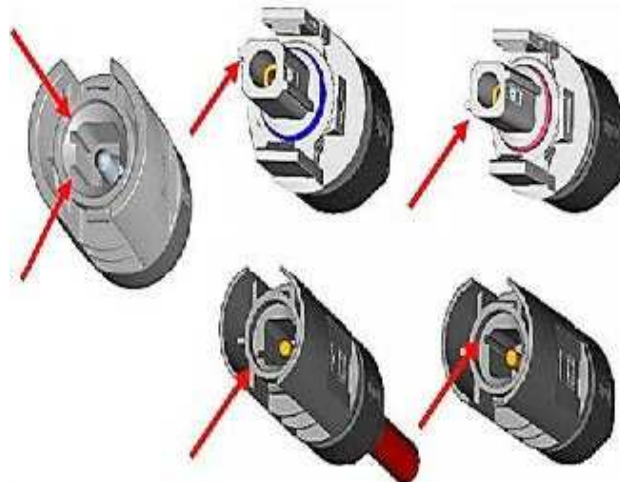
Figura 17b: Conectores Padrão MC4



Fonte: Energy Vale

Para conectores, o padrão que se tornou referência mundial e o mais utilizado atualmente é o MC4 (ao invés do antigo MC3), pois com ele se obtém maior segurança devido a seu sistema “*Poka-Yoke*” (dispositivo à prova de erros) que evita conexões erradas durante sua instalação. Além disto, conta também com um sistema de travamento que impede a desconexão acidental entre os terminais macho e fêmea, evitando assim a abertura de arco elétrico.

Figura 18: “*Poka-Yoke*” em Conectores MC4



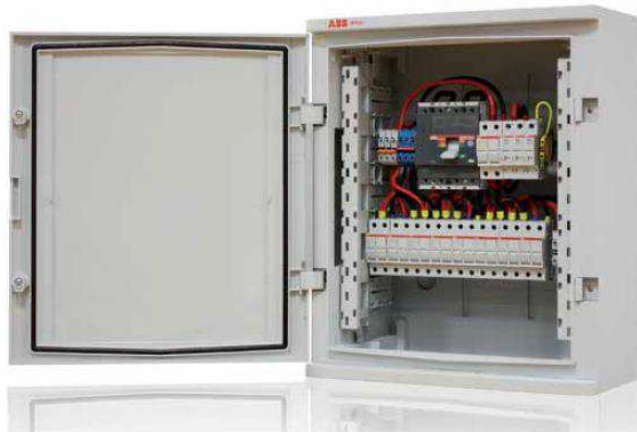
Fonte: Di Souza

2.7.4. *Stringbox*

Figura 19a: Modelo de *Stringbox*



Figura 19b: Parte Interna de uma *Stringbox*



Fonte: Energy Vale

A Caixa de *Strings* ou *Stringbox* nada mais é do que uma caixa de conexão, proteção e isolamento do conjunto, pois as *strings* (ou fileiras) de um arranjo fotovoltaico são ligadas entre si em paralelo (formando uma *array*), e é na *stringbox* que se concentram os terminais destas ligações, que são conectadas aos barramentos positivo e negativo da mesma. É nela também que se localizam todos os dispositivos de proteção do sistema, como:

- DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos);
- Disjuntores;
- Fusíveis especiais de proteção;
- Interruptor/chave geral.

Figura 20: Dispositivos de Proteção de uma *Stringbox*



Fonte: Di Souza

Todos estes dispositivos servem para impedir que acidentes elétricos como curtos-circuitos e surtos elétricos ocorram. Já a chave geral é utilizada para o desligamento das fileiras de módulos para eventuais operações de manutenção. A *Stringbox* também precisa ser estanque e possuir proteção contra intempéries (BLUE-SOL, 2016; VILLALVA, 2015).

2.7.5. Inversor Solar *Grid-Tie*

Figura 21: Inversor Solar *Grid-Tie* da Marca Fronius



Fonte: Energy Vale

Podemos dizer que o Inversor Solar *Grid-Tie* é um equipamento chave, pois age como o “coração” de todo o sistema fotovoltaico. Seu papel principal é o de converter ou inverter (daí o nome) toda a energia elétrica gerada pelos painéis solares de Tensão e Corrente Contínuas (Vcc e CC, respectivamente) em Tensão e Corrente Alternadas (Vca e CA, respectivamente), depois, se encarrega de alimentar a demanda de carga da residência e injetar o excedente de energia produzida na rede elétrica. Além da tensão, controlam a fase e a frequência da energia gerada.

Também desempenha outros papéis secundários, mas importantes, como medir e monitorar a energia produzida, e também garantir a segurança do sistema fotovoltaico, funcionando como um dispositivo de proteção redundante, trabalhando em conjunto com a *stringbox*. Alguns modelos de inversores possuem acessórios acoplados que lhe conferem funções extras, como por exemplo, trabalhar de maneira interativa com a rede elétrica. É geralmente instalado na parede próxima ao quadro de luz da edificação, que é o ponto de conexão entre a residência e a concessionária, e também deve ser protegido de intempéries (PORTAL SOLAR, 2016; ENERGY VALE, 2016; COLAFERRO, 2017; BLUESOL, 2016; VILLALVA, 2015).

2.8. Normas, Requisitos e Procedimentos Técnicos para Materiais e Equipamentos Fotovoltaicos

Figura 22a: Logotipo do IEEE

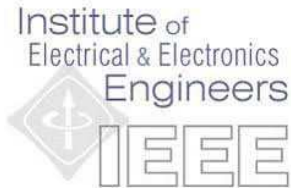


Figura 22b: Logotipo do IEC



Fontes: IEEE e IEC

Segundo Villalva (2015), em outros países (principalmente nos da Europa), além do acúmulo de experiências devido aos anos de estudos sobre o assunto, a utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica já está consolidada. Logo, as normas, requisitos e procedimentos seguidos e utilizados no Brasil observam às destes países. O *IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) que é um organismo norte americano, e o *IEC - International Electrotechnical Commission* (Comissão Eletrotécnica Internacional) que é um organismo com mais de 60 países membros dos quais incluem-se a União Européia, Estados Unidos, Canadá, China, Coreia, Austrália, entre outros, são os órgãos internacionais que definem as recomendações que tratam dos materiais e equipamentos para sistemas fotovoltaicos mais seguidas no mundo, e que atualmente contam com cerca de 30 normas relacionadas ao assunto. A seguir estão listadas algumas das documentações mais importantes referentes aos inversores conectados à rede:

- IEEE 1547: Padrão para a conexão de recursos distribuídos com a rede elétrica;
- IEEE 929-2000: Prática recomendada para a conexão com a rede de sistemas fotovoltaicos;
- IEC 61727: Características da rede elétrica no ponto de conexão;
- IEC 62116: Procedimento de teste de métodos de detecção de ilhamento para inversores fotovoltaicos conectados à rede elétrica;
- VDE 0126-1-1: Desconexão automática de geradores da rede elétrica pública de baixa tensão.

Figura 23: Logotipo da ABNT**Fonte: ABNT**

As documentações citadas acima abordam assuntos como as características de aterramento e isolamento, a qualidade da energia elétrica (conteúdo harmônico e limite de injeção de corrente contínua na rede), proteção contra ilhamento (segurança da conexão com a rede) entre outros assuntos relacionados a tecnologia fotovoltaica. Além dos padrões definidos por estes dois órgãos, em alguns países também existem algumas regulamentações próprias e complementares, como no Brasil, onde estas normas são definidas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). São elas:

- ABNT NBR 16149: Trata dos requisitos e características que os inversores solares precisam atender para servirem de interface de conexão dos sistemas com a rede elétrica de distribuição;
- ABNT NBR 16150: Trata dos procedimentos de ensaios de conformidade dos requisitos da ABNT NBR 16149;
- ABNT NBR IEC 62116: Trata de um único procedimento de ensaio do teste de anti-ilhamento que não é contemplado na norma ABNT NBR 16150;
- ABNT NBR 16274: Requisitos mínimos para a documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho (ENERGY VALE, 2016).

2.9. Resolução Normativa Nº 482/12 da ANEEL

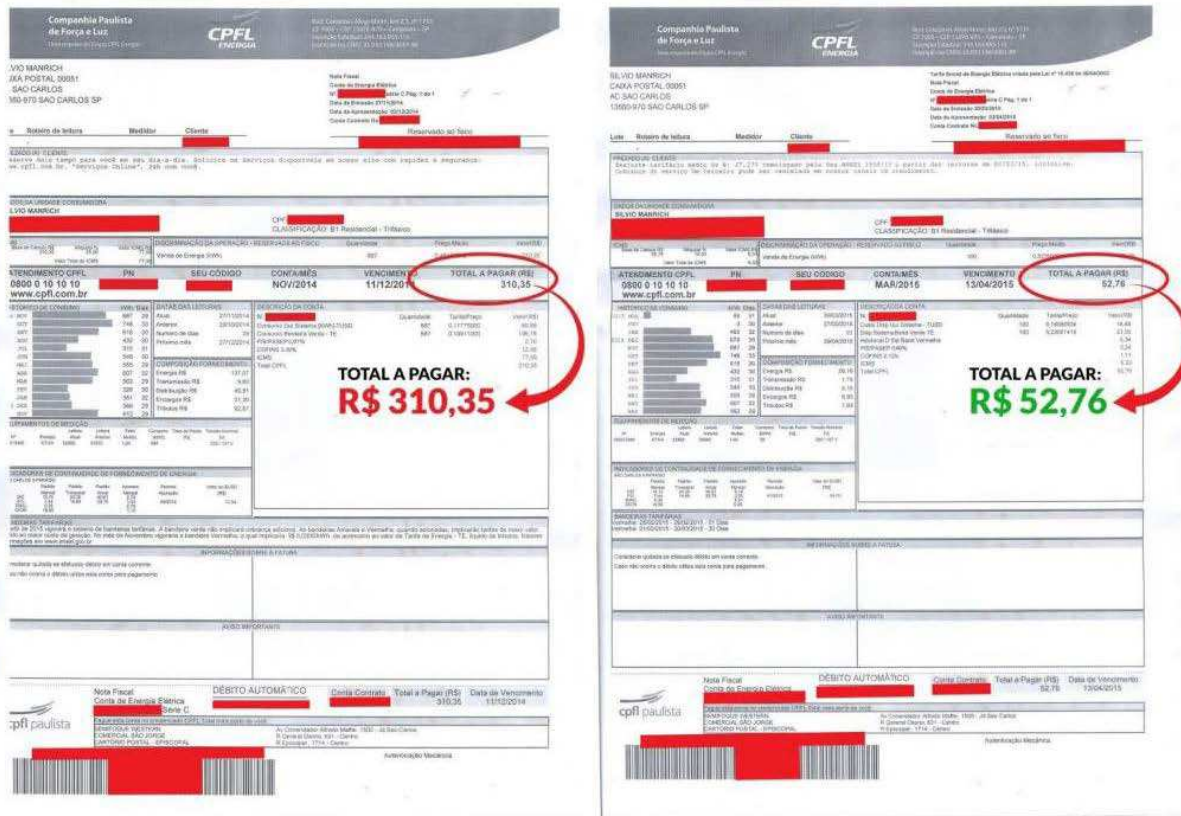
Figura 24: Logotipo da ANEEL**Fonte: ANEEL**

O incentivo definitivo para a popularização da geração própria de energia elétrica no Brasil e o início de sua utilização em larga escala veio a partir do ano de 2012, graças a implantação nacional do “Sistema de Compensação de Energia” (ou sistema de tarifação *Net Metering*) que permitiu que o excedente de energia gerado pelos sistemas fotovoltaicos se transformasse em “créditos” para uso posterior pelo consumidor. Este sistema só se tornou possível devido a regulamentação em 2012 pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) da Resolução Normativa (RN) Nº 482/12, e revisada em 2015 pela RN687/15. Todas as concessionárias de energia do país são obrigadas a obedecer estas normas.

A grande maioria dos consumidores de energia elétrica como residências e pequenas empresas podem aderir ao “Sistema de Créditos”, bastando para isto requisitar junto a distribuidora de energia a troca do relógio de luz mecânico convencional da edificação por um relógio de luz eletrônico especial chamado “relógio bi-direcional”, que mede tanto a energia consumida pela residência que vem da rede de distribuição da concessionária, como a energia gerada a mais pelo sistema fotovoltaico e que é injetada na rede. Sem a instalação deste relógio medidor especial, o relógio convencional “giraria ao contrário”, o que caracterizaria roubo de energia elétrica (popularmente conhecido como “gato”).

O Sistema de Compensação subdivide-se em duas modalidades: Geração Compartilhada e Auto-Consumo Remoto. Na Geração Compartilhada o sistema fotovoltaico pode ser instalado em uma localidade diferente da(s) de consumo por um consórcio/cooperativa que reúna diferentes pessoas físicas e/ou jurídicas, e que depois podem dividir entre si a energia gerada pelo sistema em diferentes porcentagens previamente combinadas, para depois abater na conta de luz de suas respectivas unidades consumidoras, contanto que todos os membros deste consórcio/cooperativa residam na mesma área abrangida pela concessionária de energia. Já na modalidade de Auto-Consumo Remoto o consumidor pode utilizar os créditos de energia gerados em um endereço para abater da conta de luz de outro endereço, bastando para isto que as faturas de energia das duas residências estejam no mesmo nome e CPF, e que também estejam na mesma área de atendimento da distribuidora de energia. Os “créditos de energia” acumulados ficam disponíveis para utilização pelo consumidor durante um prazo máximo de 36 meses.

Figura 25: Diferença de Valor em uma Conta de Luz Após a Instalação do Kit Fotovoltaico



Fonte: Colaferro

Mesmo “zerando” o consumo de energia elétrica de uma casa, não é possível “zerar” a conta de luz da mesma, pois ainda assim continua sendo obrigatório o pagamento da “Taxa Mínima de Disponibilidade” cobrada pela concessionária, e que varia de acordo com o tipo de ligação da residência, listados a seguir:

- Monofásica: Valor em R\$ equivalente a 30 kWh;
- Bifásica: Valor em R\$ equivalente a 50 kWh;
- Trifásica: Valor em R\$ equivalente a 100 kWh.

Em resumo, levando-se em consideração um projeto de sistema fotovoltaico dimensionado para suprir 100% da demanda total de energia elétrica de uma residência, a economia gerada na fatura chega a 95% (PORTAL SOLAR, 2016; VILLALVA, 2015; EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2012).

3 METODOLOGIA

Primeiramente foi feito um pré-dimensionamento, com os cálculos necessários para se verificar a viabilidade econômica do projeto. Utilizou-se para isto os valores de quanta energia se deseja gerar com o sistema, definidos de acordo com o perfil de carga elétrica da residência e média/histórico de consumo, disponível no site da concessionária de energia, e que pode ser consultado facilmente tendo em mãos somente o número da instalação elétrica da edificação. Também são necessários alguns dados técnicos como eficiência e potência de pico de alguns equipamentos, disponíveis nos data-sheets dos mesmos e que são fornecidos pelos fabricantes.

Juntamente a estes cálculos iniciais, foi elaborada uma planilha para o cálculo econômico de quanto tempo leva para se obter o retorno financeiro do investimento (cálculo de *payback* simples), onde leva-se em conta o valor atual do kWh e a taxa de inflação anual, com uma previsão que abrange os próximos 30 anos, tempo médio de durabilidade de um sistema fotovoltaico.

Em seguida, para a análise técnica, foi feito o dimensionamento e verificação dos resultados das diferentes simulações feitas utilizando-se PVSyst 6™, *software* específico da área. Nele foram comparadas diversas variáveis tais como:

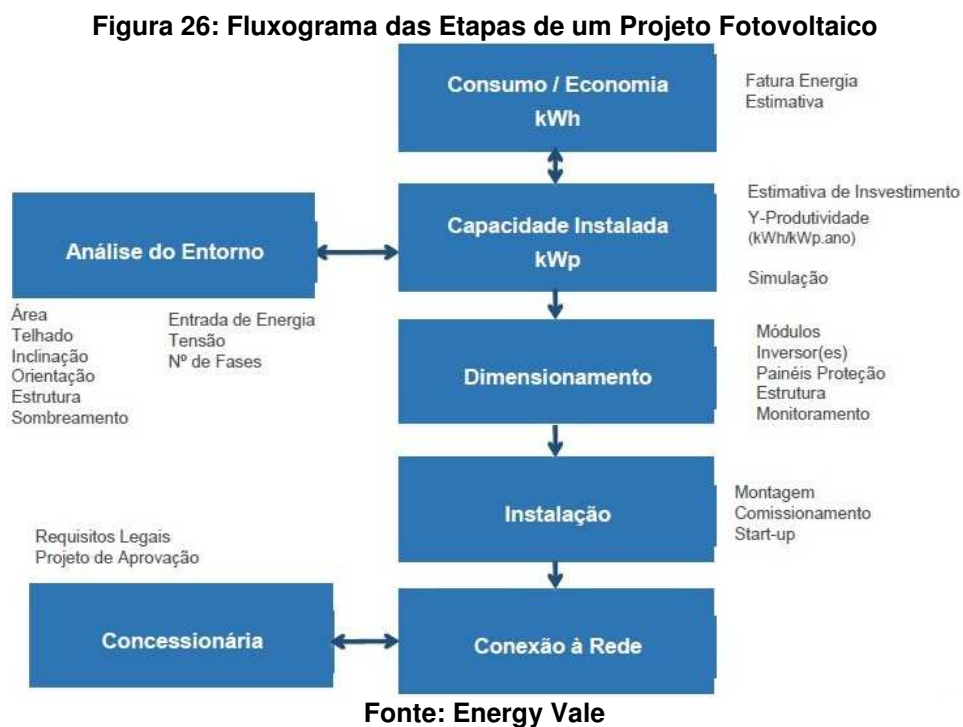
- Definição dos parâmetros iniciais, como a localização da instalação para obtenção dos valores de irradiação solar, entre outros dados meteorológicos;
- Otimização do inversor, módulos e *strings* do arranjo fotovoltaico;
- Escolha da melhor localização, posicionamento, orientação e inclinação dos painéis;
- Simulações 3D de sombreamento nos painéis devido a obstáculos;
- Planejamento do *layout* e melhor interligação do arranjo elétrico dos painéis, pensando na montagem e instalação.

Tudo isto para que o *software* possa emitir um relatório final indicando a taxa de performance global do sistema, suas perdas, entre outros indicadores.

Por último foi feita cotação e escolha dos equipamentos necessários (painéis solares, estruturas para telhado, cabeamentos, conectores, *stringboxes* e inversores) de acordo com a melhor relação custo/benefício disponível no mercado.

4 PROJETO

4.1. Etapas de um Projeto Fotovoltaico



Como exemplificado no fluxograma acima, as etapas de projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica abrangem desde a estimativa inicial do perfil de consumo de energia elétrica do imóvel, passando pelo dimensionamento e instalação, até a aprovação final para a troca do relógio de luz convencional pelo bi-direcional feito pela concessionária de energia. Em outras palavras, também pode-se elencar as etapas na seguinte ordem:

1. Análise inicial do perfil de consumo elétrico da residência (kWh/mês);
2. Cálculo da capacidade de geração de energia do painel e escolha do kit (kWp);
3. Cálculo financeiro de retorno do investimento (*payback*);
4. Análise de viabilidade técnica/análise do entorno da instalação;
5. Dimensionamento do kit fotovoltaico;

6. Instalação mecânica dos painéis;
7. Instalação elétrica do sistema/conexão à rede elétrica;
8. Homologação junto à concessionária de energia.

4.2. Pré-Dimensionamento

O primeiro passo para se projetar um sistema de geração de energia solar fotovoltaica conectado à rede elétrica, é a obtenção de um único número, que é o consumo mensal médio de energia da residência em questão (dado em kWh/mês), ou em outras palavras, a quantidade de energia que se pretende gerar. Pode-se desejar suprir parcialmente ou integralmente esta demanda.

Definido o perfil de consumo da residência e a porcentagem que se pretende suprir dele, o segundo passo é escolher no mercado o modelo de painel solar que se deseja utilizar na instalação, e seus respectivos dados técnicos como potência de pico, eficiência e área. Com os dados do painel em mãos mais o valor de irradiância solar do local da instalação, é possível calcular quanta energia um único painel gera, e conseqüentemente quantos painéis serão necessários para atender a demanda de consumo da residência. Finalmente, com a potência de pico dos painéis e a quantidade necessária deles, pode-se definir também a potência total do sistema fotovoltaico (dado em kWp), valor este que será utilizado na escolha do kit no mercado.

Definido o kit fotovoltaico e seu valor, o terceiro passo é o cálculo econômico do tempo de retorno do investimento (*payback*), sua taxa de retorno e conseqüentemente sua atratividade. É nesta etapa que o comprador decidirá se vale a pena ou não o investimento.

4.2.1. Análise do Perfil de Consumo da Residência

Figura 27: Exemplo de conta de Luz e Local do Número de Instalação

NotaFiscal/Conta de Energia Elétrica nº 000.000.000 1 / 1

Cliente / Endereço de Entrega
 FULANO DE TAL
 AV TIRADENTES 1696
 12030-180 CENTRO
 CLASSIFICAÇÃO: 200-INDUSTRIAL
 COD. IDENT: 000000000 COD. FISCAL OPERAÇÃO: 5252
 TENSÃO NOMINAL: 220 / 127 V BIFÁSICO
 ROTEIRO DE LEITURA: B16TA16MB0131
 NR Medidor: 0000000

Datas
 Emissão: Apresentação
 Central de Atendimento ao Cliente - 24h
 1106007

Número da instalação
 0000000

Data de Vencimento

Conta do Mês

Atenção

Descrição de Consumo

Nr do Medidor	Leitura Anterior	Leitura Atual	Const. Multiplicação	Qtde Kwh mês
0000000	20.408	20.433	1,00000	25,00

Período de Faturamento

Leitura Anterior	22/02/2012
Leitura Atual	27/02/2012
Prev Próxima Leitura	22/03/2012

Local de Consumo

FULANO DE TAL
 CNPJ/CPF/CI: 000000000000
 AV TIRADENTES
 12030-180 CENTRO

Detalhes de Faturamento

Descrição	Quantidade	Preço Médio	Total (R\$)
Consumo	25 KWH	0,41320000	10,33
Consumo	25 KWH	0,32308000	8,08
Tributos	B. Cálculo	X Aliquota	=
PIS	10,33	0,68%	0,07
COFINS	10,33	3,10%	0,32
ICMS	10,33	18,00%	1,88

Local de Consumo

FULANO DE TAL
 CNPJ/CPF/CI: 000000000000
 AV TIRADENTES
 12030-180 CENTRO

Valor Total a Pagar

Fonte: EDP Bandeirante

Para se definir o perfil de consumo elétrico de uma residência, não basta apenas saber o consumo total da conta de luz do último mês, mas sim deve-se calcular uma média ponderada de consumo dos últimos 12 meses, o que já é suficiente para se definir uma estimativa confiável de consumo mensal.

Isto pode ser feito consultando-se as faturas já pagas, ou no caso de não haver mais as contas, pode-se analisar o histórico de consumo no site da concessionária de energia que atende a região onde se localiza o imóvel. Neste estudo de caso, a residência que está sendo analisada está situada na cidade de Cruzeiro, estado de São Paulo, que é atendida pela concessionária EDP Bandeirante.

Acessando o endereço eletrônico da concessionária, para realizar a consulta do histórico de consumo basta informar o número do CPF/CNPJ do titular da conta e o número da instalação, que pode ser encontrado no canto superior direito da própria

fatura. Na página é possível visualizar além de gráficos de consumo, todo o histórico dos últimos 36 meses com informações detalhadas de cada fatura, como o mês/ano, a data de leitura, a quantidade de dias faturados, o consumo total daquele mês, o valor total em R\$, entre outras informações. O site também dá a opção ao consumidor de exportar estes valores para uma planilha para facilitar o manuseio dos dados.

Obtém-se a média somando todos os valores mensais de kWh do período que se deseja analisar, e divide-se pela quantidade de meses deste mesmo período. Logo, somando-se os valores de kWh consumidos mensalmente na residência em um período de 12 meses e depois dividindo-os por 12, chega-se ao valor de 195 kWh, que é a média mensal de consumo de energia elétrica, e também o valor da quantidade de energia que se pretende gerar com os painéis fotovoltaicos, pois se pretende suprir integralmente a demanda do imóvel (100%).

4.2.2. Cálculo da Capacidade de Geração de Energia do Painel

Segundo Villalva (2015), para se realizar o pré-dimensionamento de um sistema fotovoltaico é necessário antes se conhecer algumas características, tanto dos painéis que se pretende utilizar, como das condições meteorológicas (energia do sol disponível) da região onde os mesmos serão instalados. São elas:

- As dimensões físicas (em m) ou a área do painel (em m²);
- A eficiência do painel (em %);
- O valor de insolação diária da localidade onde se pretende instalar o painel (em kWh/m²/dia).

Os dados sobre o painel podem ser obtidos através do “*Datasheet*” (ou folha de dados) do modelo, disponível para download no site do fabricante. Já os dados sobre insolação/radiação solar diária de uma região (que são uma média anual) podem ser encontrados através de mapas solarimétricos ou ferramentas disponibilizadas em diversos sites na internet, dentre os quais pode-se citar o site da CRESESB – Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito.

Com estes dados em mãos é possível determinar a quantidade de energia gerada pelo painel diariamente (em kWh) no local onde ele será instalado. Sabendo-se o valor de geração diária, basta multiplicar por 30 para se obter o valor mensal. A energia produzida por um painel fotovoltaico é calculada pela seguinte fórmula:

$$E_p = E_s \times A_p \times \eta_p$$

Onde:

- E_p = Energia produzida pelo painel diariamente (em kWh);
- E_s = Insolação diária (em kWh/m²/dia);
- A_p = Área da superfície do painel (em m²);
- η_p = Eficiência do painel (em %).



Figura 29a: Página 1 do Datasheet do Painel





*Black frame product can be provided upon request.

CS6P-260 | 265P

High quality and reliability in all Canadian Solar modules is ensured by 14 years' experience in module manufacturing, well engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% E_t testing.

25 years insurance-backed warranty
non-cancelable, immediate warranty insurance
linear power output warranty

10 years product warranty on materials
and workmanship

KEY FEATURES

-  Excellent module efficiency up to 16,27%
-  Outstanding low irradiance performance: 96,5%
-  Positive power tolerance up to 5 W
-  High PTC rating up to 32,0%
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5'00" Pa wind load up to 3'00" Pa
-  Salt mist, ammonia and brown sand resistance for seaside, farm and desert environments

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system
ISO 14001:2004 / Environmental management system
OHSAS 18001:2007 / Occupational health and safety

PRODUCT CERTIFICATES†

REGULATORY RECOGNITION - CE, IEC, VDE, UL, INMETRO, KCC, UL, TÜV SÜD, TÜV Rheinland, CQC, BSI, SAA, VDE, UL, IEC, CSA, IEC 61701-1, IEC 61702-1, IEC 62716, IEC 60335-2-69, SGS PV CYCLE, IEC 61717, Resistor to 1st Class 1

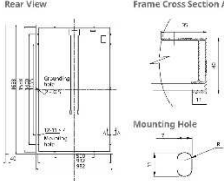
* As a provider of solar panel production equipment, we have been able to win the trust of solar panel suppliers worldwide. This speaks for itself in the application of the products in this field of solar panel production.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading manufacturer of solar modules and PV project developer with about 10 GW of premium quality modules designed around the world since 2011, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

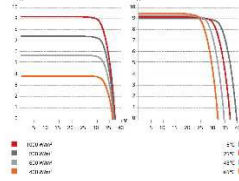
CANADIAN SOLAR INC.
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

Figura 29b: Página 2 do Datasheet do Painel

MODULE / ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6P-260P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

Electrical Data CS6P	260P	265P
Nominal Max. Power (P _{max})	260 W	265 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	30,4 V	30,6 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	8,56 A	8,66 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	37,5 V	37,7 V
Short Circuit Current (I _{sc})	9,12 A	9,23 A
Module Efficiency	16,16%	16,47%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C	
Max. System Voltage (IEC or 1000 V U.L.)	1000 V (IEC or 1000 V U.L.)	
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61739)	
Max. Series Fuse Rating	15 A	
Application Classification	Class A	
Power Tolerance	0 ~ +5 W	

* Under Standard Test Conditions (STC) at irradiance of 1000W/m², spectrum AM 1.5 and temperature 25°C.

ELECTRICAL DATA | NOCT**

Electrical Data CS6P	260P	265P
Nominal Max. Power (P _{max})	189 W	192 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	27,7 V	27,9 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	6,80 A	6,89 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	34,5 V	34,7 V
Short Circuit Current (I _{sc})	7,29 A	7,49 A

** Under 'Nominal Operating Cell Temperature' (NOCT) conditions of 1000W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Industry leading performance at low irradiance, average 96,5% relative efficiency from an irradiance of 1000 W/m² to 200 W/m² (AM 1.5, 25 °C).


MODULE / MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6x10)
Dimensions	1638x982x40 mm (64.5x38.7x1.57 in)
Weight	18 kg (39.7 lbs)
Front Cover	3,2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminum alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 12 AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in) (650 mm (25.6 in) is optional)
Connectors	Friends PV2a (IEC), Friends PV2b (IEC / UL)
Standard Packaging (quantity & weight per pallet)	26 pieces, 515 kg (1135.4 lbs)
Module Pieces per Container	728 pieces (40' HQ)


TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0,41% / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0,31% / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	+0,022% / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PARTNER SECTION



Scan this QR-code to discover solar projects built with this module.



CANADIAN SOLAR INC. August 2015. All rights reserved. PV Module Product Datasheet VS_3_EN

Fonte: CanadianSolar

A instalação ficará localizada na cidade de Cruzeiro/SP. De acordo com o mapa solarimétrico disponível no site do CRESESB, nesta região a taxa de radiação solar média (insolação) é de 4,54 kWh/m²/dia.

O painel fotovoltaico escolhido foi o modelo CS6P-260 da marca *CanadianSolar*. O mesmo foi escolhido por apresentar boa relação custo/benefício e unir qualidade com durabilidade. O mesmo compõe a maioria dos kits fotovoltaicos existentes no mercado, além de estar disponível para pronta-entrega na maior parte dos atacadistas de material fotovoltaico, o que o torna bem popular no Brasil. É feito de silício policristalino e possui os seguintes dados:

- Potência máxima nominal: 260 W (260 Wp);
- Dimensões: 1,638 m X 0,982 m = 1,61 m² (área);
- Eficiência: 16,2%.

Logo:

$$E_p = 4,54 \times 1,61 \times (16,2 / 100) \times 30 = 35,5 \text{ kWh/mês}$$

Uma vez calculada a quantidade de energia produzida mensalmente por um painel, e sabendo-se o valor da quantidade de energia que se deseja produzir mensalmente na residência, é possível definir o número de painéis necessários para suprir esta demanda. A quantidade de painéis fotovoltaicos necessários é calculada pela seguinte fórmula:

$$N_p = E_{sistema} / E_{painel}$$

Onde:

- N_p = Número de painéis necessários;
- $E_{sistema}$ = Quantidade de energia produzida pelo sistema no período considerado;
- E_{painel} = Quantidade de energia produzida por um painel no mesmo período.

Deseja-se gerar 195 kWh/mês na residência, utilizando para isso um painel que gera 35,5 kWh/mês. Logo:

$$N_p = 195 \text{ kWh} / 35,5 \text{ kWh} = 6 \text{ painéis}$$

Multiplicando-se a quantidade de painéis necessários pela potência de pico do modelo escolhido, temos a potência de pico do kit fotovoltaico. Logo:

$$6 \text{ Painéis} \times 260 \text{ Wp} = 1.560 \text{ Wp} \text{ ou } 1,5 \text{ kWp}$$

O kit fotovoltaico a ser escolhido deverá possuir uma potência de 1,5 kWp.

4.2.3. Cálculo da Viabilidade Econômica e *Payback*

Para se calcular o tempo de retorno do investimento (*payback*), ou seja, quanto tempo leva para o sistema se pagar, são feitos cálculos onde o primeiro passo é

descobrir o custo da energia elétrica no ano. Para isto, multiplica-se o valor atual do kWh no primeiro ano que é de R\$ 0,62 (julho de 2017) pela taxa atual da inflação ao ano que é de 7%, e vai se acumulando ano-a-ano. Logo:

$$\text{Custo da energia no segundo ano} = 0,62 \times [1 + (7 / 100)] = \text{R\$ } 0,6634/\text{kWh}$$

O segundo passo é descobrir o valor da economia gerada no mês. Para isto, multiplica-se o custo da energia do ano pela média mensal de consumo da residência. Sabendo-se o valor da economia mensal, basta multiplicar por 12 para se obter o valor anual:

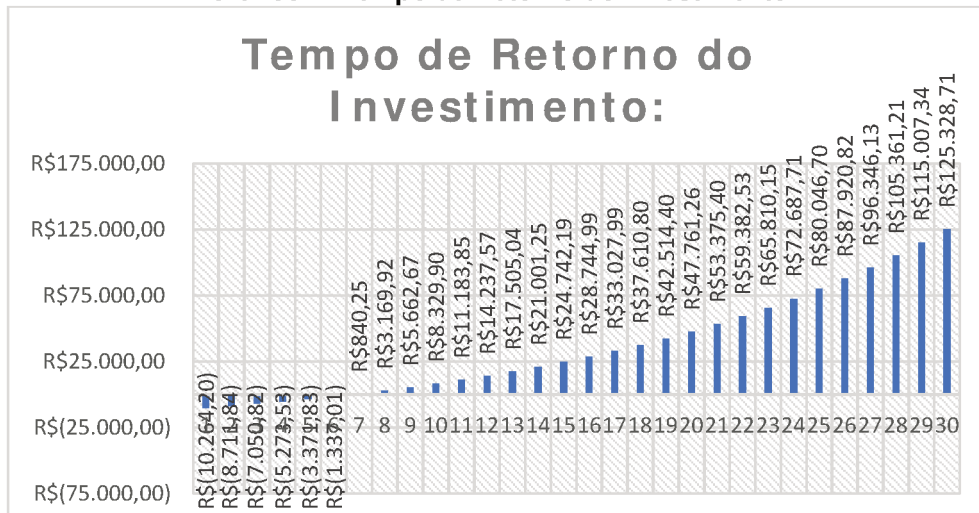
$$\text{Valor da economia gerada no segundo ano} = 0,6634 \times 195 \times 12 = \text{R\$ } 1.552,36$$

Por último, vai se abatendo o valor da economia gerada ano-a-ano do custo total da instalação, que foi de R\$ 11.715,00, até se alcançar o tempo de retorno total do investimento:

$$\text{Retorno do investimento no segundo ano} = 1.552,36 - 11.715,00 = -\text{R\$ } 8.711,84$$

O investimento termina de se pagar quando o retorno fica positivo. Realizando-se os cálculos, verifica-se que no sétimo ano obtém-se um saldo positivo de R\$ 840,25.

Gráfico 1: Tempo de Retorno do Investimento

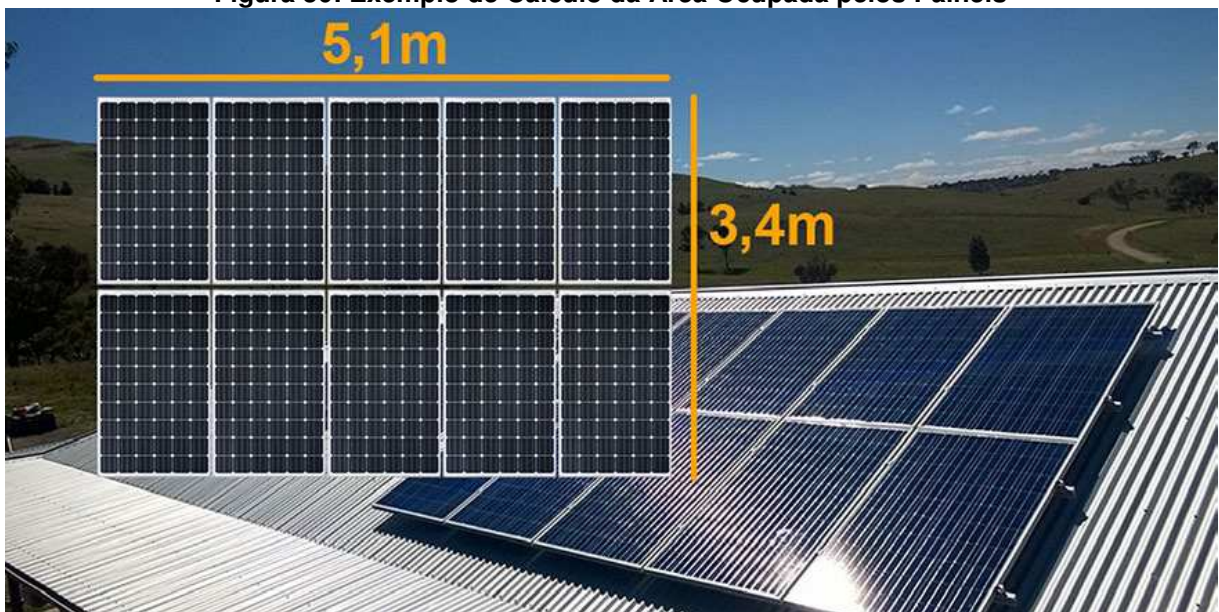


Fonte: Villalva

Após calcular-se quanto tempo leva para se reaver o montante investido, pode-se decidir se é vantajoso ou não dar continuidade ao projeto. Para todos estes cálculos, tanto para o de capacidade de geração de energia do painel quanto para o de tempo de retorno do investimento, foi elaborada uma planilha para simplificar e agilizar todo o processo.

4.3. Análise da Viabilidade Técnica

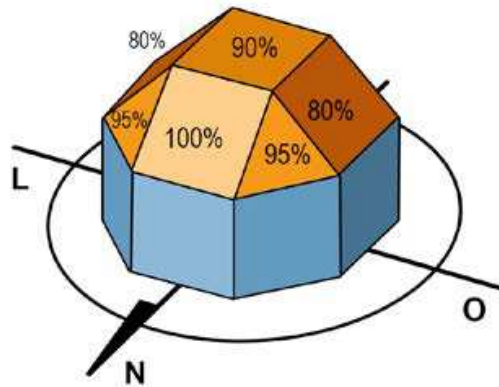
Figura 30: Exemplo de Cálculo da Área Ocupada pelos Painéis



Fonte: Portal Solar

Sabendo-se a quantidade de painéis necessários para a implementação do projeto, deve-se avaliar o local da instalação antes da montagem dos mesmos. Isto pode ser feito presencialmente ou remotamente (via imagens de satélite ou outro meio), para verificar se existe área disponível no telhado para a montagem e interligação dos painéis. Além da área necessária, também é importante a escolha do local para a instalação levando em consideração a melhor “visada” em relação ao norte, ou seja, o lado do telhado que forma o menor ângulo azimutal com o norte geográfico.

Figura 31: Rendimento dos Painéis em Relação ao Norte



Fonte: Portal Solar

Além das expostas anteriormente, outras informações importantes que devem ser levantadas a respeito do local escolhido para a instalação são:

- A existência de radiação solar disponível;
- Possuir resistência estrutural adequada;
- A orientação e a inclinação;
- A definição dos tipos de suportes mais adequados;
- Permitir vedação adequada;
- A existência de objetos ou obstáculos que possam causar sombreamento nos painéis.

Figura 32a: Planejamento da Área Disponível



Figura 32b: Orientação do Ângulo Azimutal

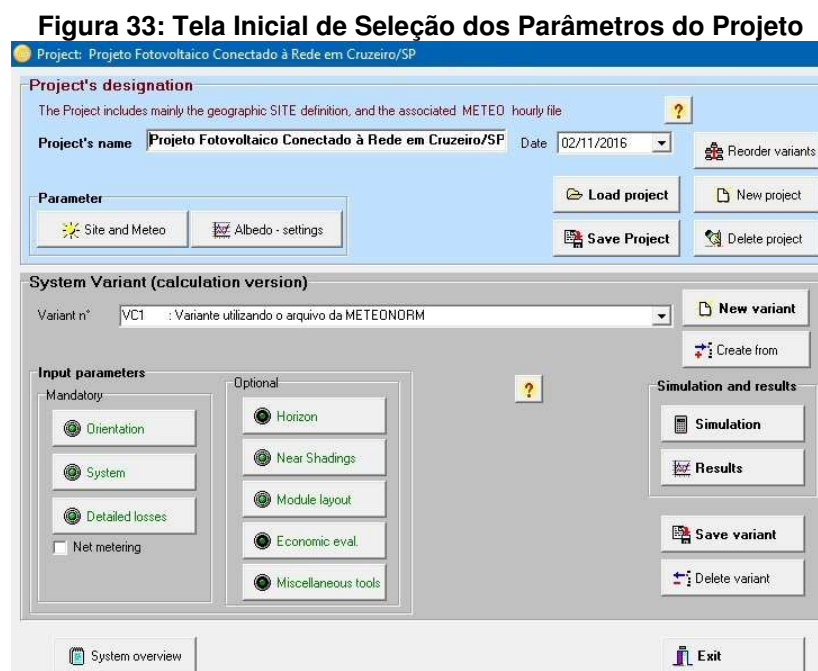


Fonte: Rodrigo Magalhães Campos Batista

4.4. Dimensionamento

Para o dimensionamento propriamente dito do projeto existem muitas variáveis a serem calculadas, o que levou ao desenvolvimento de vários *softwares* especializados hoje disponíveis no mercado como *PVSyst*, *SOLergo*, *Helioscope*, *Easy Solar*, *Horizon*, entre outros. Para este projeto foi adotado o *PVSyst*TM 6, atualmente o *software* mais utilizado em projetos fotovoltaicos no mundo. Nele foram definidas e comparadas variáveis como a seleção dos parâmetros meteorológicos da região geográfica da instalação, a definição da orientação e inclinação dos painéis, a definição das características elétricas dos equipamentos utilizados, simulação 3D da irradiância solar e sombreamento, definição do layout de montagem dos painéis, entre outras coisas.

4.4.1. Seleção dos Parâmetros Iniciais

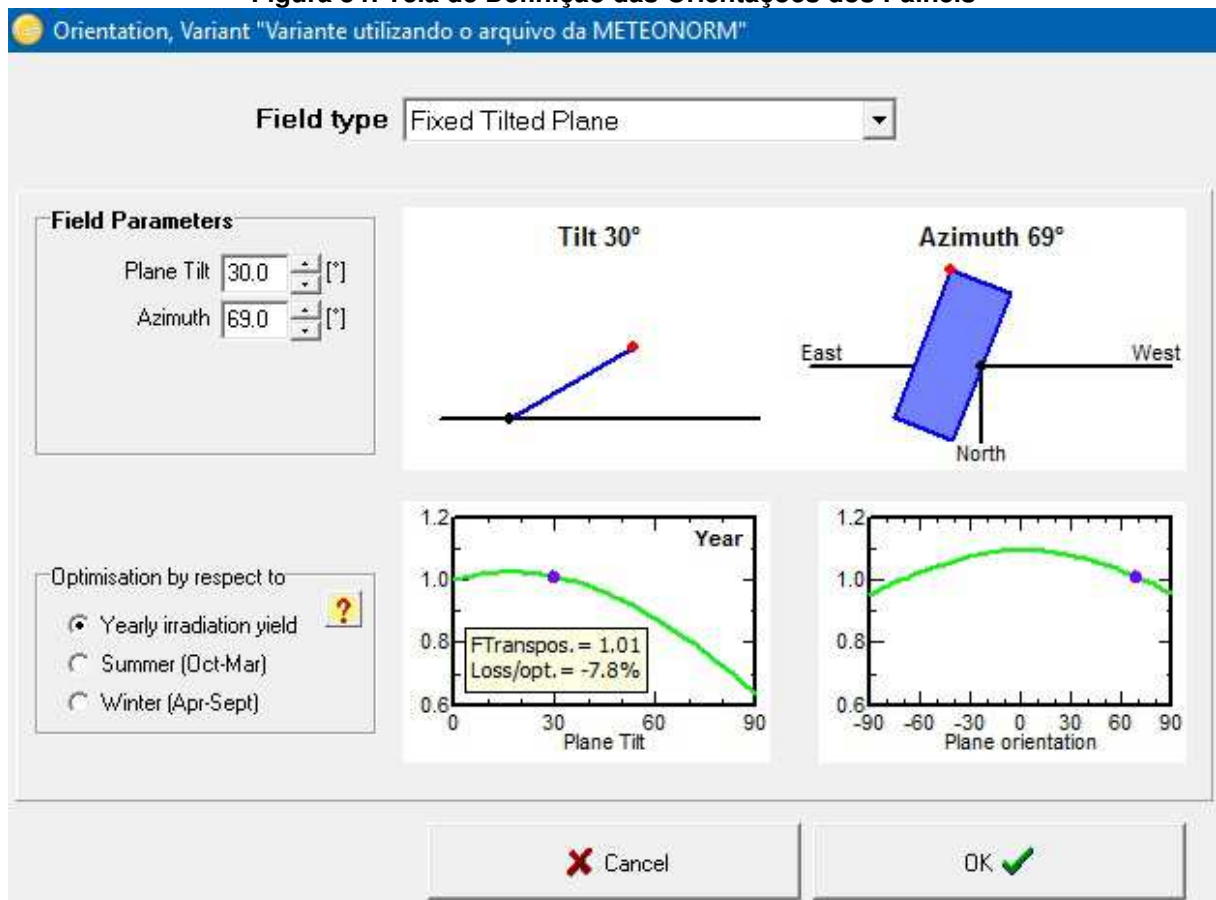


Fonte: Elaborado pelo Autor

Esta é a tela inicial do *software*, onde além do nome do projeto se escolhe também o nome e número da variante, caso o projetista deseje fazer e comparar várias simulações diferentes. É esta tela que dá acesso a todas as outras, além de permitir o salvamento dos projetos. É aqui também onde é selecionado o arquivo de dados meteorológicos que será utilizado como base para todos os cálculos de variáveis durante o dimensionamento, podendo ser escolhido entre dados disponibilizados pelas organizações *NASA* ou *Meteonorm*, o qual foi utilizado neste projeto.

4.4.2. Definição das Orientações dos Painéis

Figura 34: Tela de Definição das Orientações dos Painéis



Fonte: Elaborado pelo Autor

Nesta tela são selecionados o tipo de sistema de fixação dos painéis, se do tipo plano inclinado fixo (mais comum e utilizado), ou do tipo plano inclinado móvel (caso dos painéis rastreadores do sol). Também é definido os ângulos de inclinação horizontal e azimutal dos painéis. Além disto, é mostrado um gráfico de rendimento em relação à irradiância solar, para que se facilite na escolha do melhor ângulo.

4.4.3. Definição dos Equipamentos

Figura 35: Tela de Definição e Configuração dos Equipamentos

Grid system definition, Variant "Variante utilizando o arquivo da METEONORM"

Global System configuration

1 Number of kinds of sub-arrays

Global system summary

Nb. of modules	6	Nominal PV Power	1.5 kWp
Module area	10 m ²	Maximum PV Power	1.5 kWdc
Nb. of inverters	1	Nominal AC Power	1.5 kWac

Sub-array name and Orientation

Name: PV Array

Orient: Fixed Tilted Plane

Tilt: 30°
Azimuth: 69°

Presizing Help

No Sizing

Enter planned power: 1.5 kWp

... or available area: 10 m²

Select the PV module

Available Now

Canadian Solar Inc. 255 Wp 26V Si-mono CS6P - 255MX Until 2016 Manufacturer 2C

Approx. needed modules: 6

Sizing voltages: Vmpp (60°C) 25.4 V
Voc (0°C) 41.2 V

Use Optimizer

Select the inverter

Available Now

Fronius International 1.5 kW 120 - 335 V HF Tr 50/60 Hz Galvo 1.5-1 Since 2013

Nb. of inverters: 1 Operating Voltage: 120-335 V Global Inverter's power: 1.5 kWac
Input maximum voltage: 420 V

50 Hz
 60 Hz

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: 6 between 5 and 10

Nbre strings: 1 only possibility 1

Overload loss: 0.0 %
Pnom ratio: 1.02

Nb. modules: 6 Area: 10 m²

Operating conditions:

Vmpp (60°C) 153 V
Vmpp (20°C) 187 V
Voc (0°C) 247 V

Plane irradiance: 1000 W/m²

Impp (STC) 8.4 A
Isc (STC) 9.0 A
Isc (at STC) 8.9 A

Max. in data STC

Max. operating power at 1000 W/m² and 50°C: 1.4 kW

Array nom. Power (STC): 1.5 kWp

System summary

Cancel

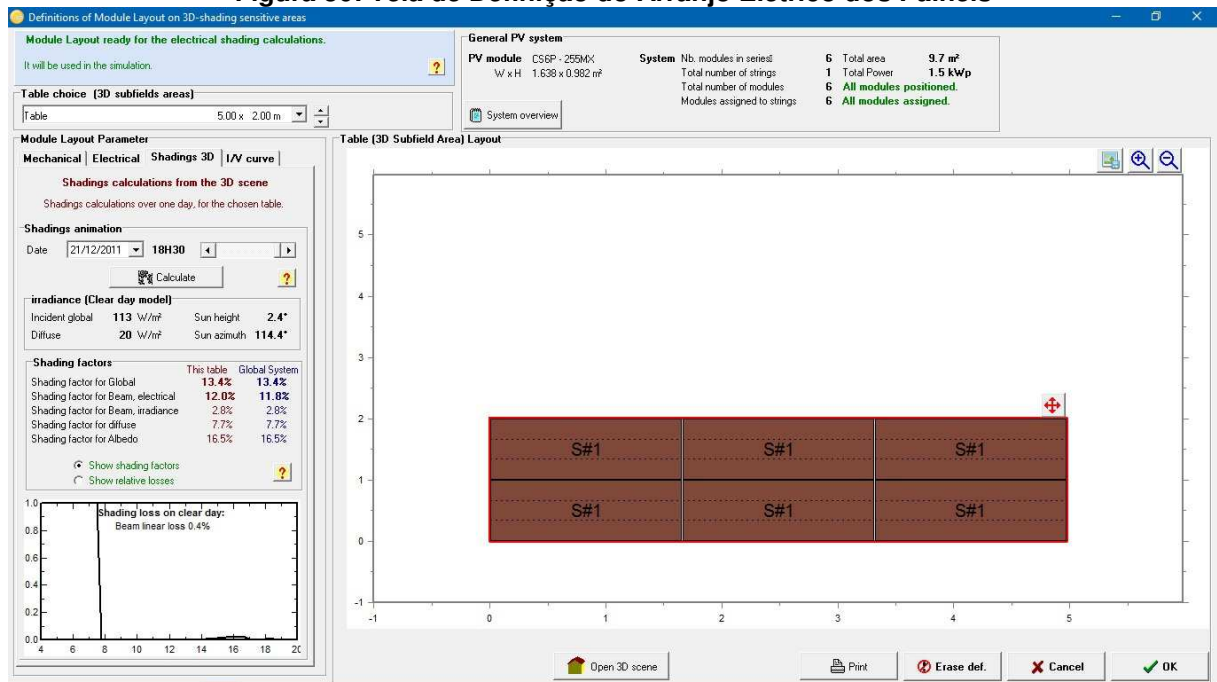
OK

Fonte: Elaborado pelo Autor

Nesta tela são selecionados as marcas, modelos e quantidades de alguns dos equipamentos fotovoltaicos que serão utilizados no sistema como módulos e inversores, além de outros parâmetros elétricos do projeto como a potência planejada, quantidade de módulos ligados em série, quantidade de *strings*, entre outras coisas.

4.4.4. Definição do Layout dos Módulos e das *Strings*

Figura 36: Tela de Definição do Arranjo Elétrico dos Painéis

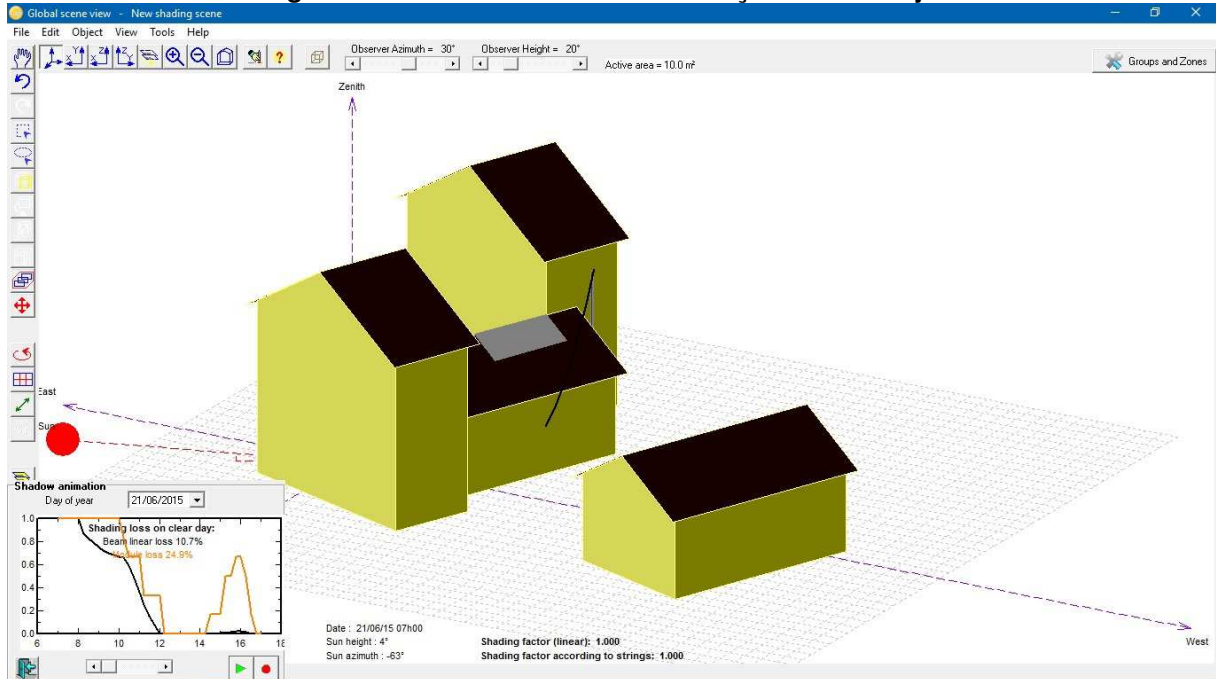


Fonte: Elaborado pelo Autor

Nesta tela é definida tanto o *layout* mecânico como também o *layout* elétrico do arranjo fotovoltaico como um todo, pois são definidas as orientações dos módulos, se em sentido “retrato” ou “paisagem”. Também é onde são atribuídos a quantidade de painéis para cada *string* do sistema, além da exibição de muitas variáveis elétricas e também um gráfico de perda por sombreamento nas strings.

4.4.5. Simulações de Sombreamento em 3D

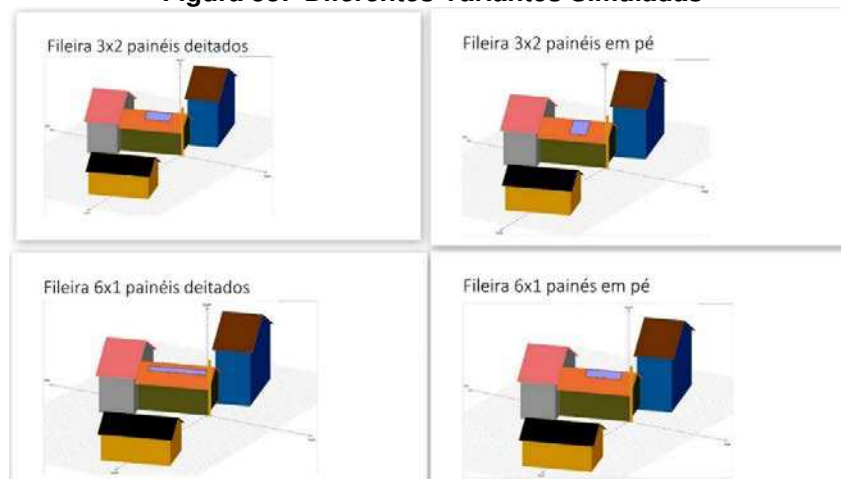
Figura 37: Vista Isométrica da Simulação 3D do Projeto



Fonte: Elaborado pelo Autor

O PVSyst conta com uma ferramenta para elaboração de simulações 3D do local da instalação e do entorno para calcular perdas devido a sombreamento, e também para simular as diferenças de irradiância do solar de acordo com as diferentes épocas do ano como verão (melhor rendimento) e inverno (pior rendimento).

Figura 38: Diferentes Variantes Simuladas

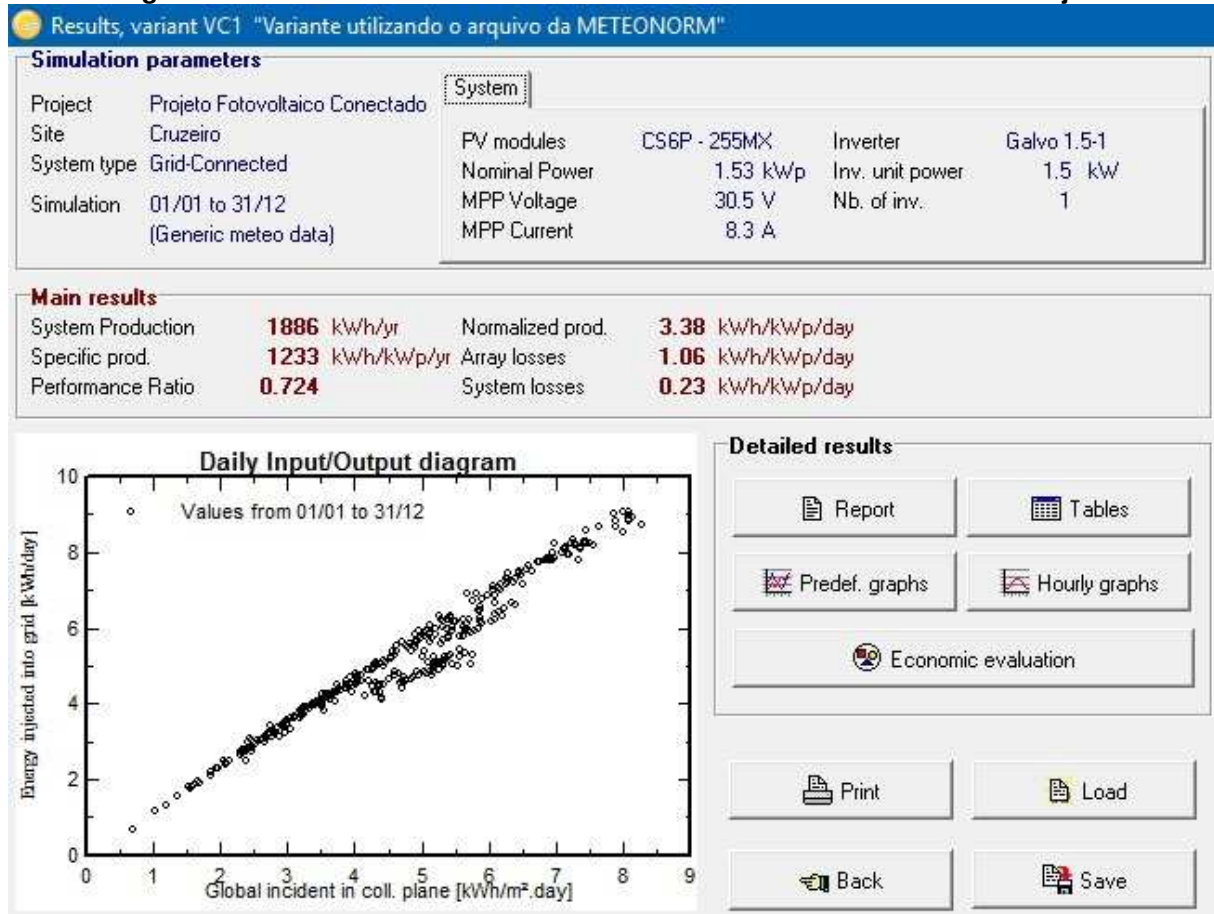


Fonte: Rodrigo Magalhães Campos Batista

Após o teste e comparação de rendimento entre quatro simulações diferentes mudando a orientação do arranjo fotovoltaico (painéis em sentido “retrato” ou “paisagem”), foi adotado a configuração de 6X1 fileira de painéis da última variável testada (seis painéis em sentido “retrato” montados lado-a-lado).

4.4.6. Resultados Finais e Performance Global do Projeto

Figura 39: Tela de Resultados Finais e Taxa de Performance Global do Projeto



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na última tela do *software* é exibido um resumo com os dados dos equipamentos, como também dos resultados obtidos e a taxa de performance global do sistema, além da opção de impressão do relatório.

4.5. Cotação e Compra dos Equipamentos Necessários

Após pesquisa de preços em vários fornecedores diferentes, o kit fotovoltaico com melhor preço escolhido foi um de 1,5 kWp (quilowatt-pico) adquirido no revendedor Aldo no valor total de R\$ 11.715,00 e constituído por:

- 6 Painéis fotovoltaicos da marca *CanadianSolar* modelo CS6P-260 de 260 Wp (watt-pico);
- 1 StringBox da marca Onesto;
- 1 Inversor da marca Fronius modelo Galvo de 1,5 kWp;
- Estruturas e sistema de fixação da marca Thesan para telha colonial;
- 25 Metros de cabo preto;
- 25 Metros de cabo vermelho;
- 2 Pares de conectores padrão MC4.

Figura 40a: Embalagem dos Módulos



Fonte: Rodrigo Magalhães Campos Batista

Figura 40b: Embalagem do Inversor



Figura 41a: Embalagem dos Cabos e Presilhas



Fonte: Rodrigo Magalhães Campos Batista

Figura 41b: Módulo Fotovoltaico



4.6. Instalação Mecânica

Para o procedimento de instalação mecânica, ou seja, a ancoragem dos suportes aos caibros do telhado da edificação, e posterior fixação dos painéis aos trilhos, seguiu-se as exigências da norma NR35 para trabalho em altura, como o correto içamento dos equipamentos e ferramentas, além da utilização de todos os equipamentos de segurança (EPI's) como:

- Linha de vida;
- Cadeirinha;
- Capacete de proteção;
- Óculos de proteção;
- Luvas.

Figura 42a: Instalação dos Suportes



Figura 42b: Painéis Instalados



Fonte: Rodrigo Magalhães Campos Batista

4.7. Instalação Elétrica

Para o procedimento de instalação elétrica, ou seja, a conexão dos painéis solares à *stringbox*, depois da *stringbox* ao inversor, e por último do inversor ao quadro de luz da residência (e conseqüentemente à rede elétrica de distribuição), seguiu-se

as exigências da norma NR10 para trabalho com eletricidade como a utilização de todos os equipamentos de segurança (EPI's) e o correto aterramento de todo o sistema.

Figura 43a: Conexão da Stringbox ao Inversor



Figura 43b: Conexão do Inversor ao Relógio



Fonte: Rodrigo Magalhães Campos Batista

4.8. Homologação

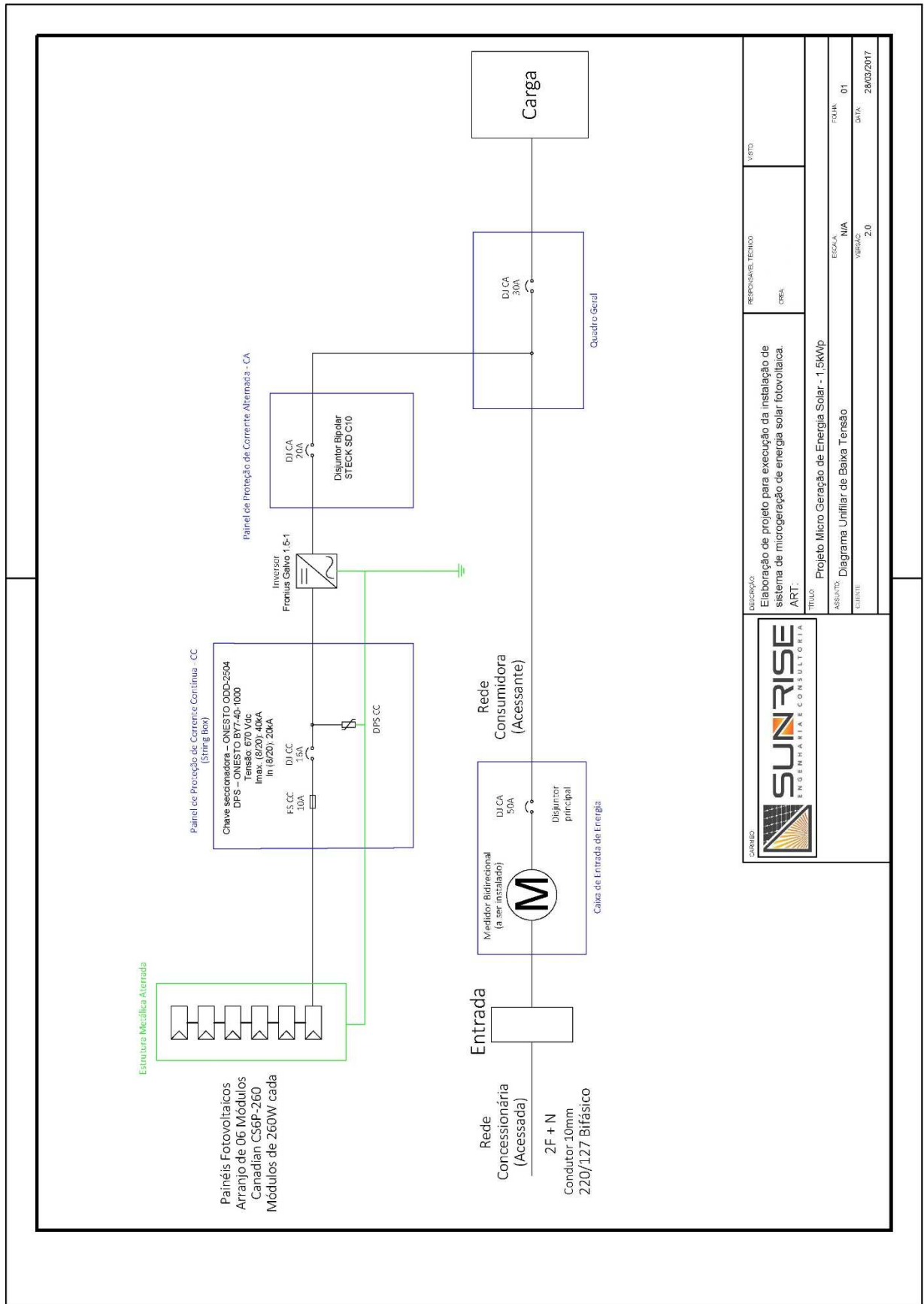
Para a homologação junto à concessionária de energia elétrica e solicitação da troca do medidor mecânico convencional pelo medidor eletrônico bi-direcional, seguiu-se todos os trâmites necessários como especificado na norma NR687/15 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), que regulamenta o sistema de compensação de energia elétrica. Foi feito o envio do diagrama elétrico (diagrama unifilar) da instalação, juntamente com a documentação final como a ART e a procuração.

Figura 44: Fluxograma de Etapas para a Homologação



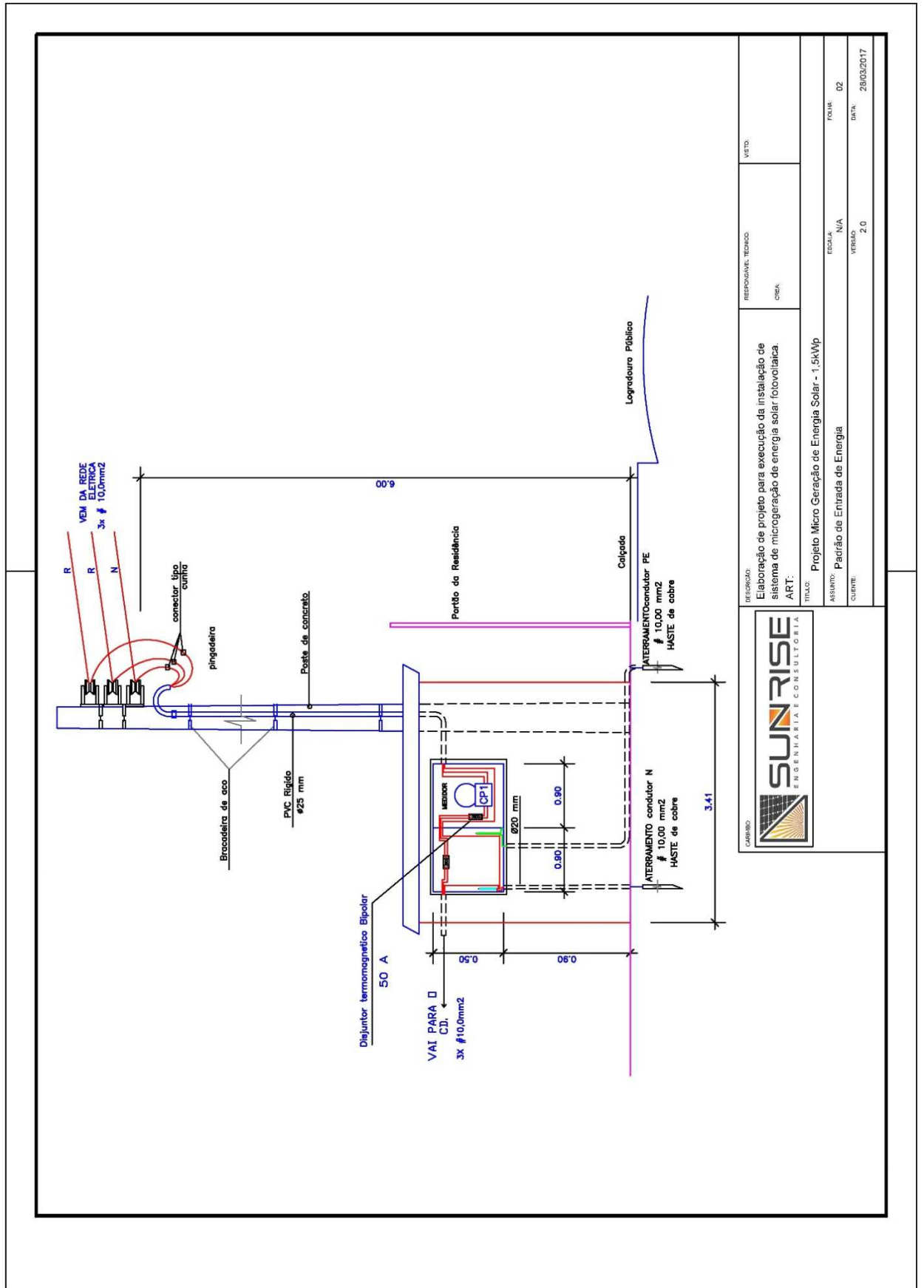
Fonte: Energy Vale

Figura 45: Diagrama Elétrico / Diagrama Unifilar da Instalação



	DESCRIÇÃO: Elaboração de projeto para execução da instalação de sistema de microgeração de energia solar fotovoltaica. ART.	RESPONSÁVEL TÉCNICO: (CREA)	NÍVEL:
	TÍTULO: Projeto Micro Geração de Energia Solar - 1,5kWp	ESCALA: N/A	FOLHA: 01
ASSUNTO: Diagrama Unifilar de Baixa Tensão	VERSÃO: 2,0	DATA: 28/03/2017	

Figura 46: Diagrama Elétrico / Diagrama Unifilar da Instalação



	DESCRIÇÃO:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	VISTO:
	Elaboração de projeto para execução da instalação de sistema de microgeração de energia solar fotovoltaica.	CIEN:	
	ART:	ESCALA:	FOLHA:
TÍTULO:	Projeto Micro Geração de Energia Solar - 1,5kWp	N/A	02
ASSINTE:	Paciário de Entrada de Energia	VERSÃO:	DATA:
CLIENTE:		2,0	28/03/2017

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo de caso, para a validação da viabilidade técnica do projeto foi utilizado o relatório final emitido pelo software PVSyst™ 6, onde, mesmo considerando-se todas as perdas devido às variáveis de sombreamento (principalmente) entre outras, chegou-se a uma taxa de performance global do sistema de 72,41%, índice considerado bom para projetos fotovoltaicos.

Além disto, foi constatado que após a instalação do kit fotovoltaico na residência, analisando-se um período de 3 meses e meio (105 dias) houve uma produção total de 488 kWh de energia solar, o que equivale a uma média para o período analisado de 140 kWh/mês. Ao mesmo tempo, também houve um consumo total de 498 kWh de energia da concessionária, o que equivale a uma média para o período analisado de 142 kWh/mês. Isto gerou uma diferença de +2 kWh/mês, valor este que está bem abaixo do limite mínimo de taxa de disponibilidade para ligações residenciais do tipo monofásica, praticadas pela concessionária EDP Bandeirante, que é de 50 kWh/mês. Assim, verifica-se que foi atingido o objetivo principal de um projeto deste porte que é o de praticamente “zerar” o consumo total de energia elétrica da residência, e gerar uma economia de cerca de 95% no valor da conta de luz.

Tabela 1: Análise da Geração de Energia

1	Data:	Energia FV Gerada (kWh):	Energia FV Consumida pela Residência (kWh):	Energia FV Injetada na Rede (kWh):	Energia da Concessionária Injetada na Residência(kWh):	Energia Total Consumida pela
88	16.08.2017	2,58	-1,343809524	3,923809524	4,742857143	3,39904761!
89	17.08.2017	0,97	-2,953809524	3,923809524	4,742857143	1,78904761!
90	18.08.2017	1,45	-2,473809524	3,923809524	4,742857143	2,26904761!
91	19.08.2017	1,12	-2,803809524	3,923809524	4,742857143	1,93904761!
92	20.08.2017	2,75	-1,173809524	3,923809524	4,742857143	3,56904761!
93	21.08.2017	2,2	-1,723809524	3,923809524	4,742857143	3,01904761!
94	22.08.2017	2,87	-1,053809524	3,923809524	4,742857143	3,68904761!
95	23.08.2017	6,11	2,186190476	3,923809524	4,742857143	6,92904761!
96	24.08.2017	6,85	2,926190476	3,923809524	4,742857143	7,66904761!
97	25.08.2017	7,39	3,466190476	3,923809524	4,742857143	8,20904761!
98	26.08.2017	7,65	3,726190476	3,923809524	4,742857143	8,46904761!
99	27.08.2017	7,36	3,436190476	3,923809524	4,742857143	8,17904761!
100	28.08.2017	7,37	3,446190476	3,923809524	4,742857143	8,18904761!
101	29.08.2017	7,59	3,666190476	3,923809524	4,742857143	8,40904761!
102	30.08.2017	7,21	3,286190476	3,923809524	4,742857143	8,02904761!
103	31.08.2017	6,87	2,946190476	3,923809524	4,742857143	7,68904761!
104	01.09.2017	5,65	1,726190476	3,923809524	4,742857143	6,46904761!
105	02.09.2017	7,66	3,736190476	3,923809524	4,742857143	8,47904761!
106	03.09.2017	8,06	4,136190476	3,923809524	4,742857143	8,87904761!
107	TOTAIS:	487,94	75,94	412	498	573,94
108						
109	Energia FV Injetada na Rede (kWh):		412	(até o dia 03/09/2017)		
110						
111	Energia da Concessionária Injetada na Residência(kWh):			498	(até o dia 03/09/2017)	
	Período de 105 Dias.					

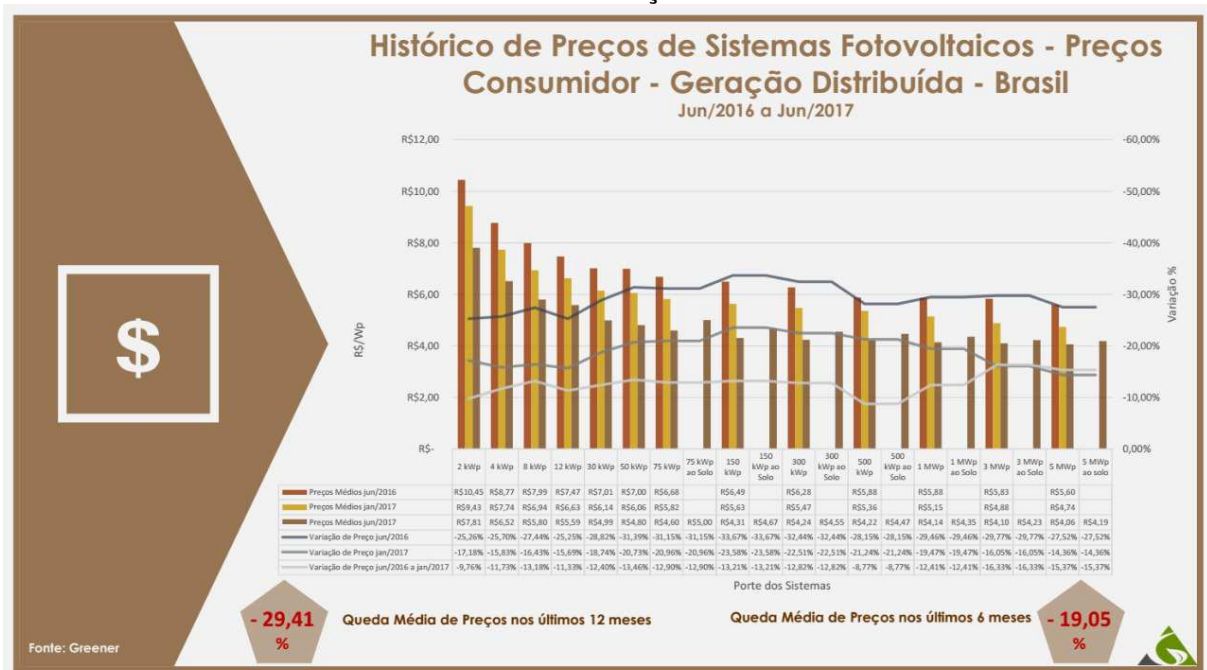
Fonte: Elaborado pelo Autor

Já para a validação da viabilidade econômica, foi feito um cálculo simples de *payback* onde foi-se somando a economia de 95% gerada mês-a-mês na conta de luz

da residência (considerando-se a inflação) até se alcançar o valor total investido no sistema. Levando-se em conta o preço total da instalação que foi de R\$ 11.715,00, o valor atual do kWh que é de R\$ 0,62 e considerando-se uma inflação de 7% ao ano, chega-se assim ao resultado de 7 anos para se obter o retorno financeiro (*payback*).

Observando-se os resultados a que se chegou com este estudo, deduz-se que, nas condições apresentadas, a implementação de uma usina de microgeração de energia solar fotovoltaica para uso residencial é técnica e economicamente viável.

Gráfico 2: Histórico de Queda de Preços de Sistemas Fotovoltaicos



Fonte: Greener

6 CONCLUSÕES

Este sistema fotovoltaico residencial ofereceu uma taxa de retorno financeiro de 12% sobre seu investimento, taxa esta considerada atraente e muitas vezes superior comparada à outras aplicações e investimentos disponíveis no mercado, e comuns à vida dos brasileiros como caderneta de poupança, tesouro direto e fundos de renda fixa.

Além disto, outras vantagens econômicas para o proprietário podem ser percebidas tais como:

- Valorização imediata do imóvel após a instalação, tanto residencial como comercial, já que qualquer pessoa poderá usufruir da economia gerada pelo sistema, seja ela morador, inquilino ou locatário;
- Apesar do sistema levar 7 anos para se pagar, o proprietário continua colhendo os frutos da economia gerada por ele mesmo após este período, por pelo menos mais 18 anos, já que a vida útil do sistema é de no mínimo 25 anos. E dependendo da qualidade do kit adquirido e dos cuidados de manutenção, este tempo pode se prolongar.

Com os constantes aumentos no custo das tarifas de energia elétrica, juntamente a uma visível tendência de queda nos custos de aquisição de sistemas de energia solar fotovoltaica no mercado brasileiro, pode-se prever que certamente também haverá uma diminuição no tempo de *payback* das instalações. Somando-se a isto as vantagens econômicas que foram expostas anteriormente, conclui-se que a energia solar fotovoltaica é sim um ótimo investimento.

Tabela 2: Taxa de Retorno Composta do Sistema Fotovoltaico

Taxa composta de retorno:	12.709 %
Taxa de desconto:	4 %
VPL:	R\$ 138,812.62
TIR:	25.35 %

Fonte: Rodrigo Magalhães Campos Batista

Tabela 3: Comparação com Outros Tipos de Investimento

Fundo de investimento em DI	Rentabilidade em 12 meses	Aplicação Mínima	Taxa de administração
XP REF FI REF DI	12,60%	R\$ 3.000	0,25%
CAIXA FIC PREFERENCIAL DI LP	12,30%	R\$ 30.000	0,60%
CAIXA FIC GIRO EMPRESAS REF DI LP	12,20%	R\$ 50.000	0,40%
CAIXA FIC PLENO REF DI LP	12,20%	R\$ 2.500	0,70%
GERACAO FICFI REF DI	12,00%	R\$ 10	0,60%
BB NC REF DI LP MEGA FC	12,00%	R\$ 100	0,50%
BB REF DI LP 50 MIL FICFI	11,90%	R\$ 50.000	1,00%
SANTANDER FICFI MASTER REF DI	11,80%	R\$ 30.000	1,00%

Fonte: Rodrigo Magalhães Campos Batista

REFERÊNCIAS

BRASIL, ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica, **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica. 2. Ed.** Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 30 outubro 2016.

BRASIL, EPE Empresa de Pesquisa Energética, **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira.** Rio de Janeiro: EPE, 2012. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 17 maio 2017.

BATISTA, R. M. C., **Sunrise Engenharia e Consultoria.** Cruzeiro: [S.n.], 2017. Disponível em: <<http://www.sunrise.eng.br>>. Acesso em: 17 maio 2017.

CANADIANSOLAR, **Painel Solar Modelo CS6P-260| 265P** [S.l.: S.n.], [2016?]. Disponível em: <https://www.canadiansolar.com/downloads/datasheets/v5.4/Canadian_Solar-Datasheet-CS6PPSD_SmartDC-v5.4en.pdf>. Acesso em: 17 maio 2017.

COLAFERRO, L., **Guia Definitivo de Empreendedorismo Solar no Brasil: Parte I.** [Ribeirão Preto]: BlueSol Energia Solar, 2017. Disponível em: <<http://blog.bluesol.com.br/guia-definitivo-mercado-de-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 28 janeiro 2017, 07:26:14.

COLAFERRO, L., **Guia Definitivo de Empreendedorismo Solar no Brasil: Parte II.** [Ribeirão Preto]: BlueSol Energia Solar, 2017. Disponível em: <http://blog.bluesol.com.br/...o-energia-solar-no-brasil-parte-ii/?utm_source=email&utm_campaign=trafego-blog&utm_medium=mailchimp>. Acesso em: 28 janeiro 2017, 07:29:36.

DI SOUZA, R., **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**: Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. Ribeirão Preto: BlueSol Energia Solar, [2016?]. Disponível em: <<http://www.bluesol.com.br>>. Acesso em: 30 outubro 2016.

EDP ENERGIAS DO BRASIL, **EDP Online**: A sua Área de Cliente [S.l.: S.n.], [2017]. Disponível em: <<https://www.edponline.com.br/para-sua-casa>>. Acesso em: 17 maio 2017.

ENERGY VALE (Org.), **Treinamento Instalação de Sistema de Energia Solar (Grid Tie)**. [Taubaté]: [S.n.], [2016?]. Disponível em: <<http://www.energyvale.com.br>>. Acesso em: 30 outubro 2016.

GREENER TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS (Org.), **Como Posso Atuar no Setor de Energia Solar?** [S.l.]: Enova Solar Energia LTDA, 2017. Disponível em: <<http://www.greener.com.br>>. Acesso em: 17 maio 2017.

PORTAL ENERGIA, **Fontes de Energia Renováveis e não Renováveis** [S.l.: S.n.], 2015. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>>. Acesso em: 17 maio 2017.

PORTAL SOLAR (Org.), **Guia do Consumidor** [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br>>. Acesso em: 17 maio 2017.

RUTHER, RICARDO, **Qualificação Profissional para Atender à GD Solar Fotovoltaica**. [S.l.]: Universidade Federal de Santa Catarina; Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina - IDEAL, [2016?]. Disponível em: <<http://www.fotovoltaica.ufsc.br>>. Acesso em: 17 maio 2017.

VILLALVA, M. G., **Energia Solar Fotovoltaica**: Conceitos e Aplicações. **2. Ed. Rev. At.** São Paulo: Érica; São Paulo: Saraiva, 2015.

VILLALVA, M. G., LIMA, B. W. F., **Projeto e Dimensionamento de Usinas Solares e Sistemas Fotovoltaicos de Geração:** com PVSyst. [Campinas]: Extecamp 2016.