

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**ATILA KENDY AMAYA**

**GRR20124138**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA  
SOBRE UM LAGO PARA ATENDER UMA INDÚSTRIA**



**CURITIBA  
2018**

**ATILA KENDY AMAYA**

**GRR20124138**

**Eletrotécnica**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA  
SOBRE UM LAGO PARA ATENDER UMA INDÚSTRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação  
Engenharia Elétrica, como requisito  
parcial à obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Elétrica

Orientador: Professor Dr. Sebastião  
Ribeiro Júnior

**CURITIBA**

**2018**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

ATILA KENDY AMAYA

### **ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA SOBRE UM LAGO PARA ATENDER UMA INDÚSTRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

---

Prof. Dr. Sebastião Ribeiro Júnior  
Orientador – Setor de Tecnologia da Universidade  
Federal do Paraná, UFPR

---

Prof. Luiz Antônio Belinaso  
Setor de Tecnologia da Universidade Federal do  
Paraná, UFPR.

---

Prof. Dr. Odilon Luís Tortelli  
Setor de Tecnologia da Universidade Federal do  
Paraná, UFPR.

Curitiba, 04 de dezembro de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado o dom da vida e me abençoado todos os dias com o seu amor infinito. Sou grato ao meu orientador Sebastião Ribeiro Júnior, pela orientação no pouco tempo que lhe coube, pelo suporte nas correções, incentivos e conceitos compartilhados. Aos meus pais, por toda a dedicação, incentivo, força, apoio e amor incondicional depositados em toda a minha vida. À minha namorada pelo carinho, alegria, paciência, fé com as minhas conquistas e teu ombro em cada momento difícil que me ajudou a superar todos os obstáculos. Aos meus amigos, que ao longo dos anos em que frequentei a universidade, me deram total apoio para que qualquer etapa fosse cumprida, sempre me motivando nos momentos de dificuldade.

## RESUMO

O conceito de geração de energia tem mudado muito hoje, existindo uma diversidade enorme de formas de produzi-las. E uma delas são os painéis solares, que vem aumentando cada vez mais. Um dos conceitos que existem sobre esse sistema, são os painéis fotovoltaicos flutuantes, os quais são instalados sobre corpos d'água, assim aproveitando mais a área de ocupação, o que geralmente é em terra. Uma das grandes vantagens desse tipo de instalação é o aumento da eficiência na conversão de energia, devido ao resfriamento dos módulos em dissipação com o contato na água. Além disso, ao adotar em uma larga escala, como hidrelétricas, poderá ter a diminuição da evaporação da superfície d'água, o qual é um grande fator na utilização para forma de produção de energia. O estudo realizado nesse trabalho para um lago existente em uma Indústria de Chá na cidade de Registro-SP, mostrando o potencial de uma instalação fotovoltaica flutuante em um meio aquático. Será apresentado o dimensionamento que compõe a inclinação dos flutuadores até a rede de consumo e simulações através do software PVSyst para simulação de geração do sistema proposto e a partir dos resultados foi realizada uma análise econômica do projeto.

**Palavras-chave:** Fotovoltaico flutuante, eficiência, software PVSyst, dimensionamento, simulação

## **ABSTRACT**

The concept of power generation has changed a lot today, with a huge diversity of ways of producing them. Moreover, one of them is the solar panels, which is increasing more and more. One of the concepts that exist on this system are the floating photovoltaic panels, which are installed on bodies of water, thus taking advantage of the area of occupation, which is usually on land. One of the great advantages of this type of installation is the increased efficiency in energy conversion, due to the cooling of the modules in dissipation with the contact in the water. In addition, by adopting on a large scale, such as hydroelectric plants, there may be a decrease in the evaporation of the water surface, which is a major factor in the use for the form of energy production. The study carried out in this work for an existing lake in a Tea Industry in the city of Registro-SP, showing the potential of a floating photovoltaic installation in an aquatic environment. It will be presented the sizing that composes the slope of the floats to the consumption network and simulations through the PVsyst software for simulation of generation of the proposed system and from the results an economic analysis of the project was carried out.

**Keywords:** Floating photovoltaic, efficiency, software PVsyst, sizing, simulation

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Gráfico desenvolvimento da tecnologia Fotovoltaica de 2016-2022.                                                    | 13 |
| Figura 2 - Matriz elétrica brasileira em maio de 2017 de acordo com dados disponíveis no Banco de Informações de Geração. .... | 16 |
| Figura 3 - Potencial de Energia Solar no Brasil. ....                                                                          | 18 |
| Figura 4 - Potencial Anual Médio de Energia Solar .....                                                                        | 19 |
| Figura 5 - Fatores de Perdas em uma Sistema FV .....                                                                           | 20 |
| Figura 6 - Relação tensão com corrente e o efeito do sombreamento .....                                                        | 21 |
| Figura 7 - Gráfico de tensão por corrente para diferentes temperaturas .....                                                   | 22 |
| Figura 8 Relação de aumento de temperatura com a diminuição da produtividade (yield) .....                                     | 23 |
| Figura 9 - Instalação do Sistema Flutuante .....                                                                               | 23 |
| Figura 10 - Modelos de flutuadores instalados. ....                                                                            | 24 |
| Figura 11 - Comparação com a instalação de um sistema flutuante na evaporação de um reservatório .....                         | 25 |
| Figura 12 - Otimização e inclinação dos painéis FV .....                                                                       | 26 |
| Figura 13 - Planta FVF de 40MW na China.....                                                                                   | 27 |
| Figura 14 - Sistema FVF da CESP .....                                                                                          | 27 |
| Figura 15 - Fluxograma do Projeto .....                                                                                        | 30 |
| Figura 16 - Tabela de Consumo de energia da indústria de Chá .....                                                             | 31 |
| Figura 17 - Imagem de satélite da Indústria de Chá e o Lago Amaya .....                                                        | 32 |
| Figura 18 - Irradiação solar diária média mensal .....                                                                         | 32 |
| Figura 19 - Medição de Temperatura para telhado e lago, através de um termômetro infravermelho .....                           | 33 |
| Figura 20 - Interface Inicial do PVsyst.....                                                                                   | 34 |
| Figura 21 - Tela de identificação do sistema.....                                                                              | 35 |
| Figura 22 - Tela de dimensionamento do sistema .....                                                                           | 36 |
| Figura 23 - Parâmetro de Temperatura (ambiente) .....                                                                          | 37 |
| Figura 24 - Parâmetro de temperatura (ventilação) .....                                                                        | 37 |
| Figura 25 - Comparação das simulações dos dois sistemas: telhado e lago ....                                                   | 38 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Tabela comparativa de eficiência entre Instalação FV no telhado e no lago..... | 29 |
| Tabela 2 – Tabela de Custo do Sistema FV no telhado .....                                 | 39 |
| Tabela 3 - Tabela de Custo do Sistema FVF no lago .....                                   | 40 |
| Tabela 4 - Dados Iniciais do Projeto .....                                                | 42 |
| Tabela 5 - Tabela resumo dos resultados das simulações .....                              | 42 |
| Tabela 6 - Retorno financeiro para o sistema FV no telhado .....                          | 43 |
| Tabela 7 - Retorno financeiro para o sistema FVF no lago .....                            | 44 |
| Tabela 8 - Análise ambiental na fase de alocação e implantação FV. ....                   | 45 |
| Tabela 9 - Análise ambiental na fase de construção e operação FV.....                     | 46 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

FV – Fotovoltaico

FVF – Fotovoltaico Flutuante

DGS - Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie

UFPR – Universidade Federal do Paraná

CRESESB – Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito

## SUMÁRIO

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                      | 12 |
| 1.1. JUSTIFICATIVA                       | 13 |
| 1.2 OBJETIVOS                            | 14 |
| 1.2.1 OBJETIVO GERAL                     | 14 |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS              | 14 |
| 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO                | 15 |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>           | 16 |
| 2.1 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO          | 16 |
| 2.2 ENERGIA SOLAR                        | 17 |
| 2.2.1 RADIAÇÃO SOLAR                     | 17 |
| 2.2.3 ENERGIA SOLAR NO BRASIL            | 18 |
| 2.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA           | 19 |
| 2.3.1 INVERSOR                           | 20 |
| 2.3.2 MISMATCH (Descasamento de Módulos) | 21 |
| 2.3.3 SOMBREAMENTO                       | 21 |
| 2.3.4 TEMPERATURA                        | 22 |
| 2.4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA FLUTUANTE | 23 |
| 2.4.1 SISTEMA DE FLUTUAÇÃO               | 24 |
| 2.4.2 ORIENTAÇÃO DO SISTEMA FVF          | 26 |
| 2.4.3 PLANTAS INSTALADAS                 | 27 |
| 2.4.4 VANTAGENS DA APLICAÇÃO             | 28 |
| <b>3 METODOLOGIA</b>                     | 30 |
| 3.1 CARACTERÍSTICA DO SISTEMA            | 31 |
| 3.1.1 CONSUMO MÉDIO                      | 31 |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 3.1.2 LOCAL ESCOLHIDO .....         | 31        |
| 3.1.2 IRRADIAÇÃO SOLAR.....         | 32        |
| 3.1.3 TEMPERATURA AMBIENTE .....    | 33        |
| 3.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL .....   | 33        |
| 3.3 ESTUDO FINANCEIRO .....         | 39        |
| 3.4 ESTUDO AMBIENTAL .....          | 40        |
| <b>4 ANÁLISE E RESULTADOS .....</b> | <b>42</b> |
| 4.1 ANÁLISE ENERGÉTICA .....        | 42        |
| 4.2 ANÁLISE FINANCEIRO .....        | 43        |
| 4.3 ANÁLISE AMBIENTAL .....         | 45        |
| <b>5 CONCLUSÃO .....</b>            | <b>47</b> |
| <b>Referências.....</b>             | <b>48</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério de Minas e Energia, o Brasil consumiu quatro primeiros meses de 2018 alcançou 63.769 MW médios no país, montante 1,5% superior ao registrado no mesmo período do ano passado, quando foram consumidos 62.814 MW médios. (CCEE, 2018). É notável que através desse aumento, tem modificado o estilo de vida de uma sociedade em relação ao consumo de energético, através dos anos. E para suprir essa demanda, o setor de energia elétrica utiliza-se de diversas fontes de geração, como as principais: biomassa, eólica, solar, gás natural derivados de petróleo, nuclear, entre outros (ENERGIA, 2018).

O desenvolvimento de energias alternativas e renováveis têm se destacado cada vez mais no mercado de energia mundial, o motivo deve-se, principalmente, aos problemas ambientais associados a utilização abusiva dos combustíveis fósseis em todo o mundo. Além disso, pode-se citar que a principal forma de produção de energia elétrica brasileira é através das Hidrelétricas, representando 62% da matriz energética (ANEEL, 2017) e que também podem apresentar suas desvantagens, como em impactos ambientais na questão das áreas para construção dos reservatórios (FEARNSIDE, 2015) e eficiência energética, na questão de dependência das águas das chuvas para manter a produtividade.

O Brasil, como alternativa, vêm se destacando com a utilização de energia através de painéis fotovoltaicos (FV), o qual já ultrapassou a marca de 1,5 Gigawatts de capacidade instalada e deverá fechar o ano com 2,4 GW, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2018). Isso deve-se ao extenso território brasileiro e localização, o qual permite um grande potencial de aproveitamento de energia solar com irradiação média de 1200 e 2400 kWh/m<sup>2</sup>/ano (LIMA, 2014).

Mas, existem diversos lugares que não possibilitam a aplicação dos painéis solares em terra como em ilhas como o Japão, Cingapura, Coreia, Filipinas e entre outros, que tem maior viabilidade por sistemas fotovoltaico flutuantes (FVF), devido a possibilidade de instalação sob um corpo d'água, como

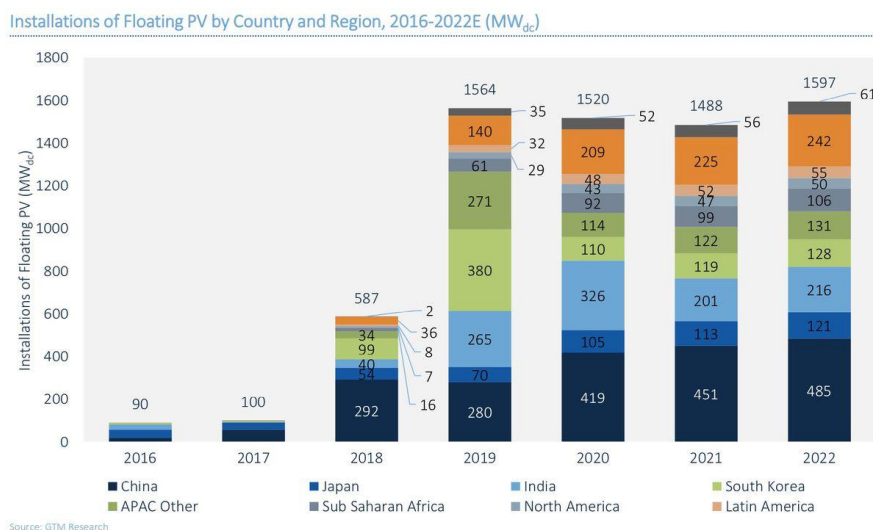
oceanos, lagos, lagoas, reservatórios, lagoas de irrigação, estações de tratamento de águas residuais, barragens, canais, etc. (UEDA, 2012).

A grande vantagem da utilização do FVF é a eficiência que consiste na utilização da tecnologia de silício cristalino que aumenta o rendimento devido a área de contato (corpo d'água) ter uma temperatura menor (SACRAMENTO, 2015). Além disso, existe uma grande vantagem para aplicação desta tecnologia em conjunto as hidrelétricas, pois existe a possibilidade de diminuir a evaporação da água em reservatórios e diminuição do crescimento de algas devido a cobertura dos flutuadores, impedindo a passagem da luz solar. (TRAPANI e SANTAFÉ, 2014).

## 1.1. JUSTIFICATIVA

O sistema fotovoltaico flutuante visa aplicar a instalação de painéis sobre a água, como em lagos, no mar e represas de usinas, que cada vez mais vêm ganhando mais notoriedade mundial. Pelo fato do Brasil ter a maior rede de fluvial do mundo (BRASIL, 2017 ) e pela quantidade existente de hidrelétricas, é proporcionado um grande aproveitamento dessa tecnologia, o que resultaria uma ocupação mais eficiente dos terrenos. Conforme apresentado na Figura 1, mostra os países em destaque como na China, Japão e Coreia do Sul, no investimento da tecnologia de Painéis FVF.

Figura 1 - Gráfico desenvolvimento da tecnologia Fotovoltaica de 2016-2022.



Fonte: (RESEARCH, 2018)

Em 2017, somavam-se 100MW de potência instalada e para o próximo ano, estima-se aproximadamente em 1,5GW de potência instalada. Isso mostra a capacidade em que o Brasil, somada a sua extensão territorial, possa também investir nessa tecnologia.

Além do fato da capacidade em que o país apresenta, os painéis fotovoltaicos flutuantes apresentam as suas vantagens em eficiência energética e que poderão substituir aos que são geralmente implantados em terra (CHOI, 2014)

O presente trabalho visa analisar a viabilidade de instalações de sistemas solares fotovoltaicos em um lago atendendo uma indústria, mas também, podendo transmitir as possibilidades de diversas outras aplicações. Além disso, mostrar para a sociedade as formas de produção de energia limpa e que traga um resultado financeiro.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo é desenvolver um projeto de micro geração fotovoltaica para atender uma indústria, através de painéis fotovoltaicos flutuantes em um lago. Este irá abranger a proteção elétrica, a eficiência e a conservação de energia elétrica, a melhoria da produção e a adequação às normas ABNT NBRs vigentes.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Levantamento de Requisitos;
- b) Previsão de carga, análise do local para aplicação do sistema;
- c) Simulação para diferentes tipos de sistema: telhado e lago;
- d) Análise comparativa dos sistemas;
- e) Mostrar as possibilidades de energia limpa;
- f) Mostrar as formas possíveis de instalação fotovoltaica além da convencional;
- g) Mostrar o retorno financeiro.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Será mostrado no primeiro capítulo do trabalho uma introdução sobre o tema abordado, seguida da justificativa para a realização deste com a descrição dos objetivos a serem alcançados no desenvolver do projeto.

Em seguida, no segundo capítulo, será relacionado as fundamentações teóricas com o tema do trabalho. Estão sendo considerado as definições e conceitos básicos para abordar o tema de energia solar fotovoltaica, como radiação, irradiância e irradiação, a situação energética no Brasil, tipos de painéis fotovoltaicos e sua suportação e formas de instala o em um meio aquático. No decorrer do trabalho, serão apresentadas tecnicamente os componentes do sistema adotado para a realiza o dos c culos.

No terceiro capítulo, são apresentados a metodologia utilizado para o condicionamentos dos dados, através do Software PVsyst, será mostrado as simulações que foram realizadas. Serão apresentados os dados simulados e comparados no capítulo a seguir.

O quarto capítulo é representado por análise técnica obtido no capítulo anterior, mostrando através de tabelas e gráficos as vantagens na realiza o do método proposto.

Para o último capítulo, serão apresentadas as conclusões obtidas a partir dos valores calculados, assim como serão apresentadas sugestões para futuros trabalhos na área.

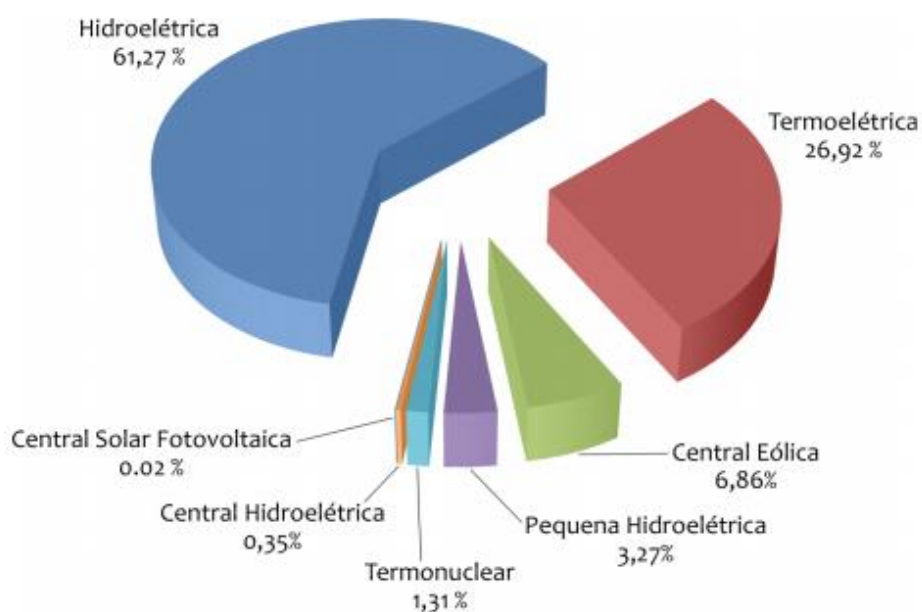
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo estão apresentados o embasamento teórico considerados no trabalho, são abordados os temas como: o potencial solar brasileiro, o potencial solar no interior de São Paulo e o material e o funcionamento do painel fotovoltaico flutuante. Assim, se delimitarão os conceitos utilizados no trabalho.

### 2.1 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

O sistema elétrico brasileiro é representado por mais que 60% representado pelo sistema hidrotérmico, como grandes usinas hidroelétricas, formadas por empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Em maio de 2017, o Brasil teve sua capacidade total de geração de energia elétrica, na marca aproximada de 152 GW com a participação de diversas outras fontes. (ATLAS, 2017). Na Figura 2, mostra a matriz energética brasileira, a qual mostra a predominância da geração de usinas hidroelétricas, e com apenas 0,02% da Central Solar Fotovoltaica, percebe-se um baixo investimento na aplicação desse tipo de tecnologia para geração de energia.

Figura 2 - Matriz elétrica brasileira em maio de 2017 de acordo com dados disponíveis no Banco de Informações de Geração.



Fonte: (ANEEL, 2017)

## 2.2 ENERGIA SOLAR

A energia solar é a fonte de energia responsável e necessária para todos os ciclos da natureza, mas são poucos o seu aproveitamento pelo homem. O início do aproveitamento desse recurso surgiu com as teorias da termodinâmica, por meio de aquecimento de líquidos ou gases, que posteriormente, surgiram os estudos sobre o efeito fotoelétrico.

A eficiência dos módulos fotovoltaicos dependem das condições ambientais, tais como a temperatura, intensidade da irradiação solar, o ângulo de inclinação e os tipos dos módulos solares. (SOUZA e ARISTONE, 2017).

### 2.2.1 RADIAÇÃO SOLAR

Tendo em vista as condições atmosféricas, como nebulosidade, umidade relativa do ar, etc., a disponibilidade de radiação solar, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e do ano). Isso deve-se à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira (movimento de rotação) e a trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do sol (movimento de translação). Com base nisso, o período de incidência do Sol varia dependendo da localização e dos períodos do ano.

A luz que atinge a superfície da Terra é composta por uma fração direta e uma fração difusa. A radiação direta é chega no objeto sem sofrer qualquer processo de espelhamento ou reflexão. Já a radiação difusa é o espelhamento da radiação direta, causada por nuvens e por outros componentes da atmosfera (DGS, 2008).

Desse maneira, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, é ajustado a posição do painel solar de acordo com a latitude do local e o período do ano em que se requer mais energia. (ANEEL, 2017).

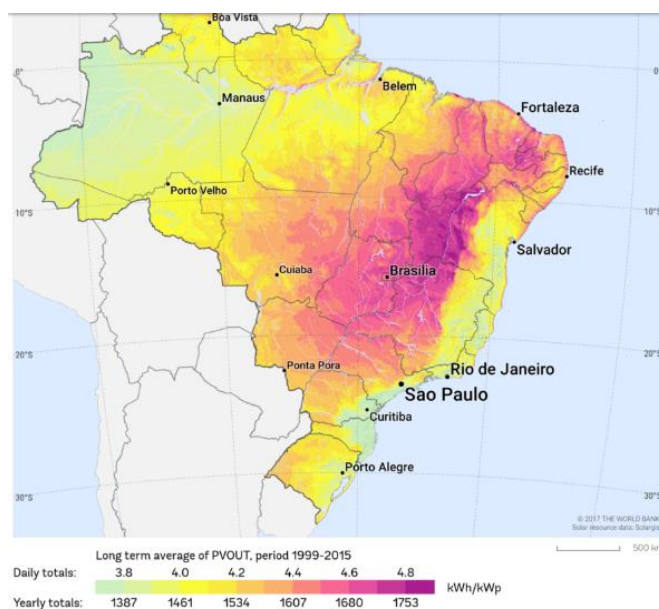
Através destas medidas é possível analisar a viabilidade técnica e econômica da instalação de um sistema fotovoltaico. A medições padrões para radiação solar são: radiação global no plano horizontal, radiação direta normal e radiação global inclinada (com inclinação igual à latitude local).

A CRESESB, através do programa SunData destina-se ao cálculo da radiação solar qualquer ponto do território nacional oferecendo uma ferramenta de apoio ao dimensionamento deste presente trabalho (CRESESB, 2018).

### 2.2.3 ENERGIA SOLAR NO BRASIL

O Brasil possui um dos maiores capacidades de produção de energia solar devido à localização geográfica em que se localiza. A Figura 3 mostra o potencial de geração

Figura 3 - Potencial de Energia Solar no Brasil.



Fonte: (ATLAS, 2017)

Através de mapas como o mostrado na figura pode-se estimar as qualidades de geração fotovoltaica numa determinada localidade. O mapa apresenta a produtividade da geração fotovoltaica no Brasil e as cores representam a capacidade de geração em kWh/kWp. Por exemplo uma tonalidade de roxo escuro, como em Brasília, um sistema de 1 KWp pode produzir 4,6 kWh por dia, 140 kWh por mês ou em torno de 1680 kWh ao ano. (SOLAR FINGER).

No estado de São Paulo, o qual será realizado o estudo, consiste na apresentação do potencial energético solar conforme na Figura 4.

Figura 4 - Potencial Anual Médio de Energia Solar



Fonte: (ATLAS, 2017)

A radiação média no plano inclinado, no estado de São Paulo mostra como a segunda com maior radiação, mostrando assim um grande potencial para ser aproveitado em valor energético.

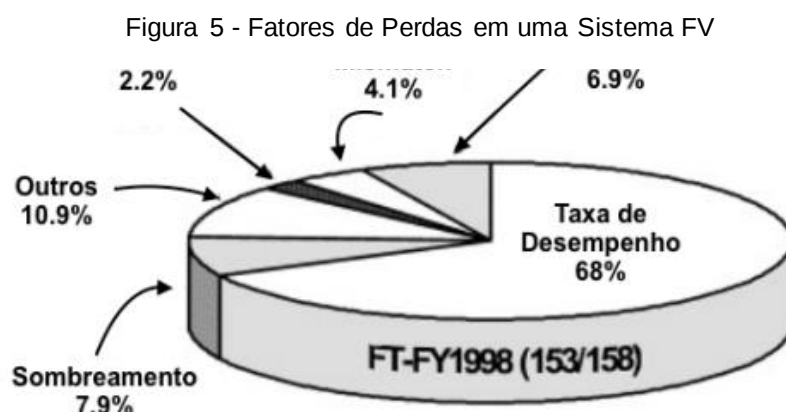
## 2.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A geração de energia solar ocorre quando a luz do sol incide sobre uma célula constituída de material semicondutor. Uma célula fotovoltaica típica é composta por duas camadas de material semicondutor que são dos tipos P e N, uma grade de coletores metálicos e uma base metálica. As camadas, quando unidas, forma-se um campo elétrico devido aos elétrons livres do material tipo N que ocupam os vazios da estrutura do material tipo P. Ao incidir luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons chocam-se com outros elétrons, fornecendo-lhes energia e transformando-os em condutores. (NASCIMENTO, 2004).

Apesar de apresentar uma grande vantagem na questão de produção de energia, apenas aproximadamente 15% da radiação solar é convertida em energia elétrica, sendo o resto é perdida em calor. (TEO, LEE e HAWLADER, 2011).

Os principais fatores de perdas de energia das instalações observadas estão conforme representado na Figura 5. Entre eles:

- Perdas na conversão de energia
- Sombreamento parcial
- Perdas nos inversores
- Mismatch (descasamento de módulos)
- Aumento da temperatura do painel fotovoltaico
- Outros



Fonte: (IKKI e KUOKAWA, 2001) Adaptado por (ARAÚJO, RANK e BUENO, 2016)

Através desses fatores, são agregadores para que não se tire o total proveito de um sistema fotovoltaico.

### 2.3.1 INVERSOR

O inversor é o equipamento responsável pela transformação da energia solar em elétrica, recebendo energia de corrente contínua (CC) dos painéis fotovoltaicos e convertê-la em energia de corrente alternada (CA). Por esse motivo, em muitas literaturas, o inversor também é chamado de conversor CC-CA. Na aplicação de sistemas fotovoltaicos existem dois tipos, os inversores conectados à rede (*on-grid* ou *grid-tie*) e os sistemas isolados (*off-grid*). O presente trabalho será em base dos conectados à rede.

A eficiência de um inversor depende diretamente das perdas em condução e computação. O sinal de saída convertido, através das chaves

chaveados, compõem fortes componentes harmônicos, os quais são necessários para a filtragem do sinal. Por estes componentes, são responsáveis pelas perdas e redução da eficiência do inversor (ALMEIDA, 2006).

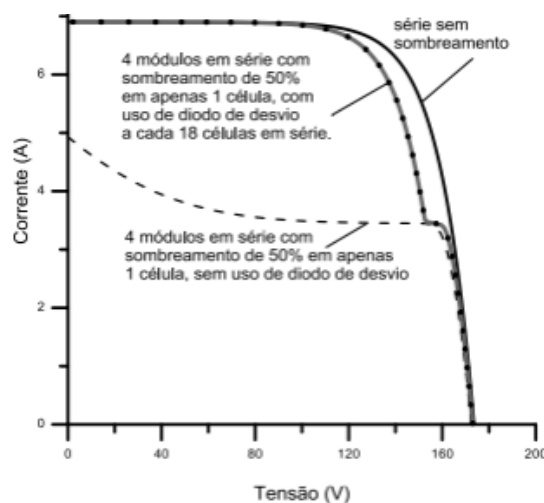
### 2.3.2 MISMATCH (Descasamento de Módulos)

Em virtude das diferenças entre células FV que compõem os sistemas, podem ser providas com diferenças em sua propriedade uma em relação à outra, mesmo na mesma linha de produção (ALMEIDA, 2012). Tendo em vista nisso, é necessário prever um conjunto com maior compatibilidade entre o sistema, pois a incompatibilidade podem acarretar o descasamento dos módulos ou parâmetros, o qual será o fator limitador para a eficiência do sistema global.

### 2.3.3 SOMBREAMENTO

O sombreamento é também um dos grandes fatores para que tenha uma diminuição do desempenho do sistema, devido a diminuição da corrente produzido pelo conjunto de células. Quando o módulo está ligado em série um aos outros, a corrente total é prejudicada ao deparar com uma sombra, resultando uma diminuição em sua eficiência. Pode ser exemplificado conforme a Figura 6, onde a corrente é reduzida pela metade com apenas uma célula sob sombreamento.

Figura 6 - Relação tensão com corrente e o efeito do sombreamento

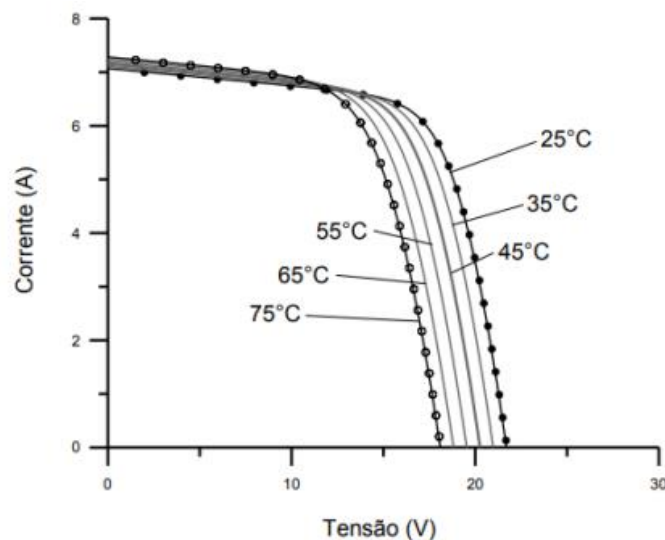


Fonte: (PINHO e GALDINO, 2014)

### 2.3.4 TEMPERATURA

A temperatura em que operam as células fotovoltaicas dependem da variação de incidência solar e das condições ambientais a que estão instaladas. A corrente produzida nas células é diretamente a irradiância, que conforme o aumento da temperatura, a tensão e consequentemente, a potência gerada diminuem conforme mostrado na Figura 7. Uma forma de minimizar esse tipo de problema é a montagem como dissipar o calor, o que remete em uma boa ventilação.

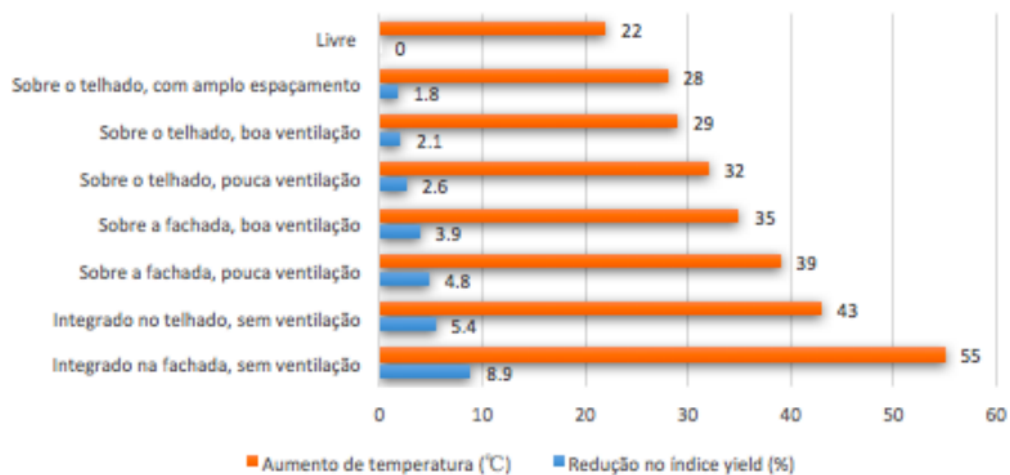
Figura 7 - Gráfico de tensão por corrente para diferentes temperaturas



Fonte: (PINHO e GALDINO, 2014)

A temperatura pode afetar diretamente a produtividade, como pode-se observar na figura, onde a temperatura do sistema FV (na barra laranja) em relação à temperatura ambiente, em diferentes modos de instalação, quando se tem uma irradiância de  $1000\text{W/m}^2$  sobre o painel. Em azul, é mostrado a redução no índice *yield* (produtividade) devido ao aquecimento (DGS, 2013).

Figura 8 Relação de aumento de temperatura com a diminuição da produtividade (yield)



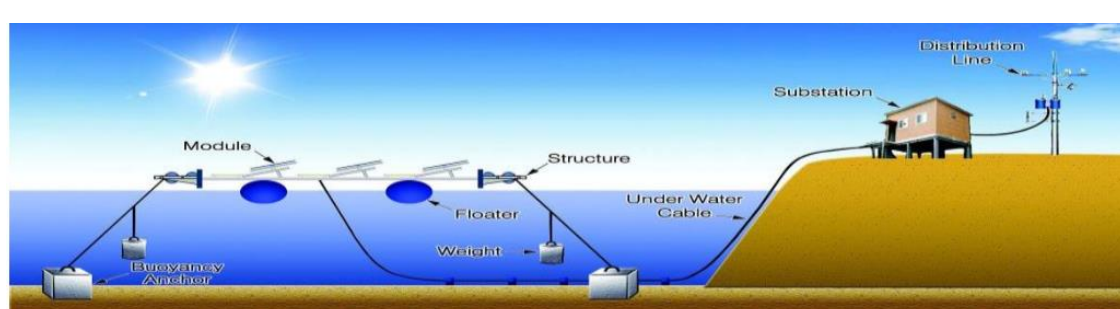
Fonte: (DGS, 2013)

Com base nesses dados apresentados, observa-se um dos motivos para que se estude a tecnologia da instalação com base nos flutuadores na superfície d'água, local onde tem menor temperatura e maior ventilação.

## 2.4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA FLUTUANTE

O sistema FVF basicamente consiste em um sistema de flutuação com ancoragem, sistema fotovoltaico e cabos de energia para transmissão até ao inversor. Esse sistema poderiam ser utilizado para substituir as usinas que são instaladas sobre áreas de florestas, áreas agrícolas e construções (CHOI, 2014). O sistema pode ser exemplificado conforme a Figura 9.

Figura 9 - Instalação do Sistema Flutuante



Fonte: (CHOI, 2014)

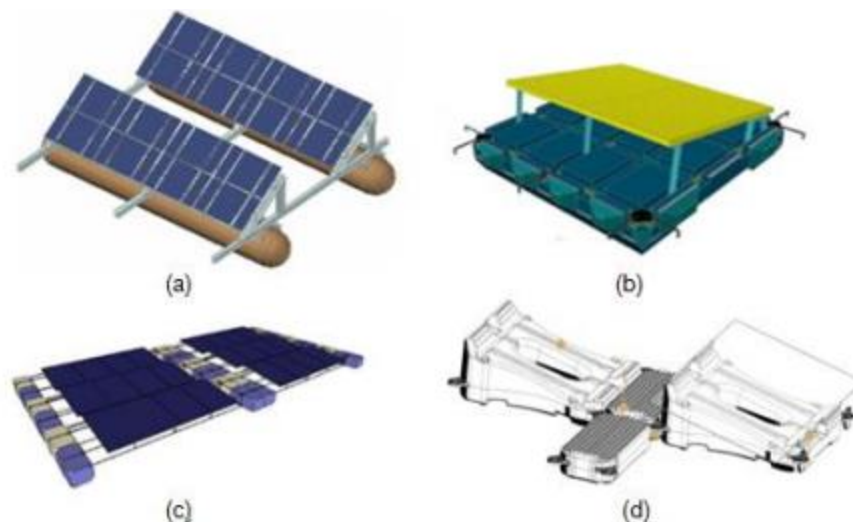
Segundo Choi (2014), o sistema resumidamente apresenta os seguintes componentes:

- Sistema de flutuação: corpo flutuante (estrutura mais o flutuador) o qual permite a instalação dos módulos FV;
- Sistema de Ancoragem: permite que realize ajustes às flutuações do nível de água enquanto se mantém posicionado na direção norte (hemisfério sul);
- Sistema fotovoltaico: equipamentos de geração solar FV, que são instalados sobre o sistema de flutuação;
- Cabos de energia: responsáveis pela transferência de energia.

#### 2.4.1 SISTEMA DE FLUTUAÇÃO

O sistema de flutuação são estruturados a partir de flutuadores rígidos e que variam entre instalações horizontais e inclinadas. Na Figura 10 pode-se observar algumas tecnologias de flutuadores utilizadas para o sistema de FVF.

Figura 10 - Modelos de flutuadores instalados. a) Lee, Joo & Yoon (2014); b) Gozávez et al (2012); c) Trapani & Santafé (2014); d) Floating Solar Panels (2016).



Fonte: (LOPES e SOUZA JUNIOR, 2016)

O sistema de flutuadores podem resolver o problema de ocupação de espaço em terra ou também substituição da instalação em telhados, caso o peso seja alto. Além de influenciar na temperatura do painel solar, que consequentemente

na melhora da sua eficiência (CHOI, 2014) (SACRAMENTO, 2015), podem diminuir a quantidade de água evaporada em um reservatório, conforme

Figura 11 - Comparação com a instalação de um sistema flutuante na evaporação de um reservatório



mostrado na Figura 11 (SANTAFÉ, SOLER, *et al.*, 2014)

Fonte: (SANTAFÉ, SOLER, *et al.*, 2014). Adaptado

O modelo do sistema FVF é composto por alguns principais elementos, mencionado por (SANTAFÉ, SOLER, *et al.*, 2014) e (STRANGUETO, 2016):

- Plataforma flutuante, permite a fluabilidade e estabilidade do sistema de geração de eletricidade. Muitos casos são feitos de polietileno de média densidade por moldagem rotacional;
- Estrutura de suporte de painel fotovoltaico: é necessário ter a capacidade de suportação do peso dos painéis FV e transmitir as forças produzidas pelo vento entre os p eres.
- Acoplamento articulado de metal entre os p eres (cabos de conectam aos p eres em conjunto, fazendo com que tenha a possibilidade de deslocar na vertical e horizontal, bem como rotacionar) afim de que o flutuador possa se adaptar as diferentes irregularidades da superfície do reservatório;
- Acoplamento flexíveis de borracha (ou outros materiais flexíveis, que possam limitar o máximo deslocamento), fazendo com que tenha a possibilidade que os p eres possam se mover um em relação ao outro;
- Cordas usadas para amarração dos módulos exteriores da cobertura ao fundo do reservatório;

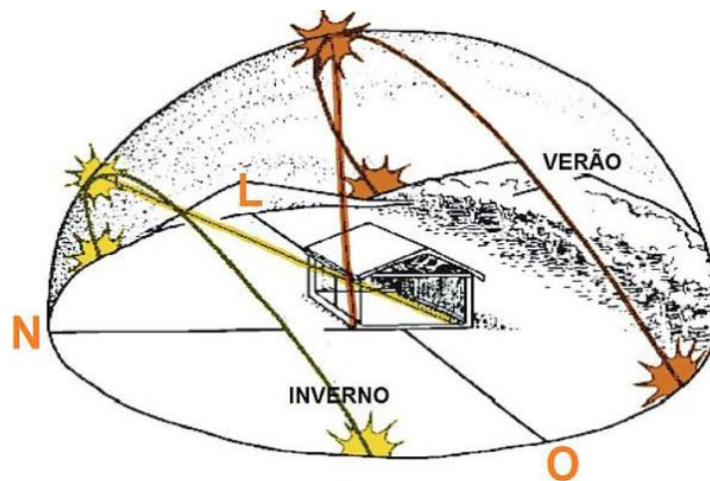
- Sistema de ancoragem rígida (estacas de concreto armado, resistentes as forças laterais e a pressão do solo), suportando as forças das bordas e as ondas das superfície.

#### 2.4.2 ORIENTAÇÃO DO SISTEMA FVF

Assim como mostrado na Figura 10, os flutuadores a, b e d, são instalados com a configuração da inclinação dos painéis FV, tendo assim, a melhor eficiência na captação da incidência da luz solar. Para isso, é necessário adequar os módulos com a localidade do sistema.

Na Figura 12, mostra um sistema fotovoltaico instalado no hemisfério sul. Através disto, observa-se que quando orientado para o norte geográfico, o sistema será mais exposto a irradiação solar, consequentemente maior rendimento.

Figura 12 - Otimização e inclinação dos painéis FV



Fonte: (SOLAR, 2018)

Segundo (CHANG, 2010), o ângulo de inclinação do painel FV, para maior rendimento, é igual ao da Latitude. Como por exemplo, nesse estudo, onde a latitude de Registro-SP é de 24°, portanto a melhor posição possível seria: Face Norte a 24° de inclinação.

### 2.4.3 PLANTAS INSTALADAS

Atualmente já existem diversas plantas já instaladas pelo mundo, a primeira instalação foi em 2018 na Califórnia, EUA pela SPG Solar que tinha a intenção de aumentar a eficiência energética de uma vinícola Far Niente. Uma grande vantagem do sistema, além da eficiência energética, diminuiu a evaporação da água do reservatório (TRAPANI e SANTAFÉ, 2014). Uma das maiores já instaladas é localizada na China com 40MW, pela Sungrow, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Planta FVF de 40MW na China



Fonte: (SUNGROW, 2017)

Já no Brasil, a primeira instalação desse tipo foi pela CESP (Companhia Energética de São Paulo) em 2016 pela Bluesol, que projetaram para abastecer mil casas com consumo de até 100kWh (BLUESOL, 2016), conforme Figura 14

Figura 14 - Sistema FVF da CESP



Fonte: (BLUESOL, 2016)

#### 2.4.4 VANTAGENS DA APLICAÇÃO

Os principais aspectos que podem ser levadas a instalação FV para flutuadores, segundo (SAHU, YADAV e SUDHAKAR , 2016) são:

- Eficiência Energética: a reflexão da luz da água e o resfriamento natural através da evaporação, podem manter a temperatura do painel fotovoltaico menor do que o terrestre;
- Redução da evaporação da água: o sistema FVF fornece sombreamento na água o que reduz a evaporação;
- Melhoramento da qualidade da água: podem ser considerado o melhoramento da água devido à redução da fotossíntese e o crescimento de algas;
- Sujeira: as instalações FV comuns, normalmente são instaladas em áreas com poeiras, o que podem ser depositadas nos painéis. Já nos sistemas FVF é instalado com menos potencial de deposição;
- Economia de terras: as instalações FVF estariam deixando de utilizar terras produtivas em agricultura, mineração, turismo e outros.

Como citados acima, existem diversos motivos que implicam na escolha deste sistema flutuante. O principal estudo apontado deste trabalho, trata-se da eficiência energética que é um fator essencial para sua utilização. Com base nas literaturas abordando esse tema, a Tabela 1 mostra as principais pesquisas e instalações que comparam-se as instalações fotovoltaicas flutuantes em comparação ao instalado em terra.

Tabela 1 - Tabela comparativa de eficiência entre Instalação FV no telhado e no lago

| Pesquisa/ Instalação | Potência total do sistema | Ganho em relação ao terrestre |
|----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| (MITTAL D., 2017)    | 1 MW                      | 2,5%                          |
| (SINGHAK, 2016)      | 2MW                       | 7,5%                          |
| (SACRAMENTO, 2015)   | Sem informações           | 12,5%                         |
| (CHOI, 2014)         | 2,4kW; 100kW; 500kW       | 11,0%                         |
| (MAJID e , 2014)     | 80W                       | 15,5%                         |
| (UEDA, 2008)         | 10kW                      | 3,0%                          |

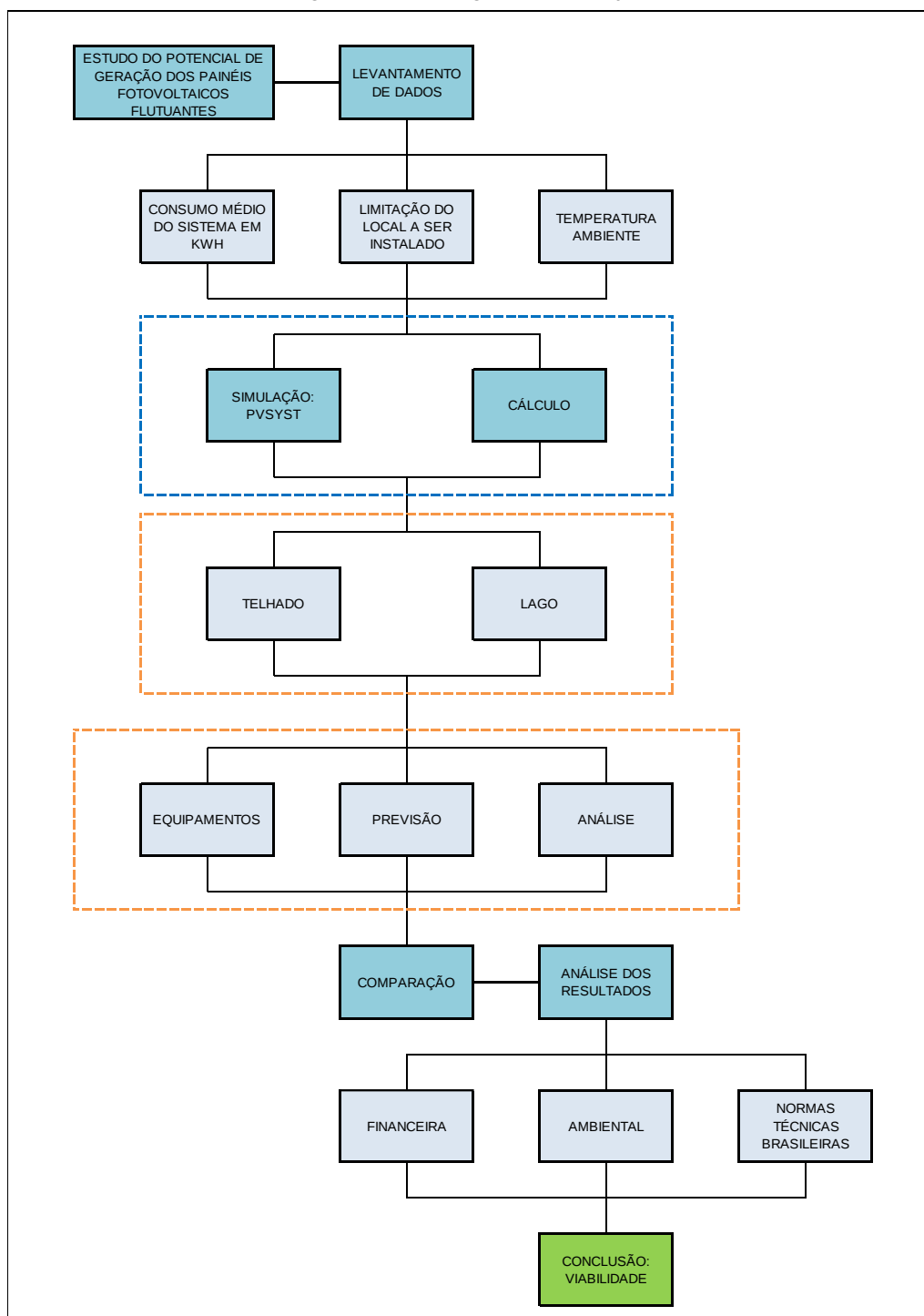
Fonte: Autor (2018)

Através dos dados obtidos pelas instalações e pesquisas já realizadas, servirão como base para análise dos resultados deste presente trabalho. As relações de ganho em relação ao terrestre são de importância para comparação dos dois sistemas e estudo da aplicação.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi decorrido conforme apresentado no fluxograma da Figura 15. Indicando as etapas da sequência lógica do início do projeto até a conclusão desta.

Figura 15 - Fluxograma do Projeto



Fonte: Autor (2018)

### 3.1 CARACTERÍSTICA DO SISTEMA

Tendo em vista aos conceitos de instalação do sistema e instalação dos painéis fotovoltaicos, os tópicos seguintes tratarão dos dados para caracterização do sistema. Através destes será possível realizar as simulações e estudos para que tenha o melhor resultado possível.

#### 3.1.1 CONSUMO MÉDIO

Através do site da Elektro, concessionária do estado de São Paulo, é possível solicitar o histórico de consumo de energia durante um ano do consumidor. Conforme representado na Figura 16:

Figura 16 - Tabela de Consumo de energia da indústria de Chá  
**SG008 - Histórico de Consumos e Demandas**

**ELEKTRO**

Regional: GUARUJA (Sul)

UC: 9024271

Cliente: HELIO AMAYA & CIA LTDA

Modalidade: HORO-SAZONAL VERDE

Localidade:REGISTRO

Etapas

Segmento: ALIMENTOS E BEBIDAS

Grupo Tensão: A4

| Mês     | Origem | Consumo | Consumo Ponta | Consumo Adicional P | Consumo Fora Ponta | Demanda Registrada | Demanda Registrada PT | Demanda Registrada FP | Demanda Contratada | Demanda Contratada PT | Demanda Contratada FP | Fator de Carga | Fator de Carga PT | Fator de Carga FP |
|---------|--------|---------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 01-2017 | FAT    | 0       | 0             | 0                   | 0                  | 0                  | 0                     | 0                     | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,00              | 0,00              |
| 02-2017 | FAT    | 0       | 522           | 0                   | 8.888              | 147                | 55                    | 147                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,04              | 0,04              |
| 03-2017 | FAT    | 0       | 619           | 0                   | 9.502              | 151                | 70                    | 151                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,05              | 0,05              |
| 04-2017 | FAT    | 0       | 428           | 0                   | 6.802              | 135                | 71                    | 135                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,03              | 0,04              |
| 05-2017 | FAT    | 0       | 115           | 0                   | 1.461              | 10                 | 3                     | 10                    | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,16              | 0,11              |
| 06-2017 | FAT    | 0       | 135           | 0                   | 1.986              | 24                 | 4                     | 24                    | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,07              | 0,06              |
| 07-2017 | FAT    | 0       | 173           | 0                   | 2.859              | 25                 | 10                    | 25                    | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,08              | 0,09              |
| 08-2017 | FAT    | 0       | 165           | 0                   | 2.099              | 10                 | 7                     | 10                    | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,15              | 0,15              |
| 09-2017 | FAT    | 0       | 189           | 0                   | 2.012              | 7                  | 5                     | 7                     | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,25              | 0,23              |
| 10-2017 | FAT    | 0       | 320           | 0                   | 5.202              | 106                | 27                    | 106                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,04              | 0,04              |
| 11-2017 | FAT    | 0       | 186           | 0                   | 4.242              | 105                | 25                    | 105                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,02              | 0,03              |
| 12-2017 | FAT    | 0       | 482           | 0                   | 9.222              | 130                | 40                    | 130                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,05              | 0,05              |
| 01-2018 | FAT    | 0       | 373           | 0                   | 7.180              | 122                | 65                    | 122                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,04              | 0,05              |
| 02-2018 | FAT    | 0       | 479           | 0                   | 10.920             | 146                | 71                    | 146                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,04              | 0,05              |
| 03-2018 | FAT    | 0       | 733           | 0                   | 10.249             | 150                | 60                    | 150                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,06              | 0,05              |
| 04-2018 | FAT    | 0       | 842           | 0                   | 11.564             | 157                | 77                    | 157                   | 130                | 130                   | 130                   | 0,00           | 0,06              | 0,06              |

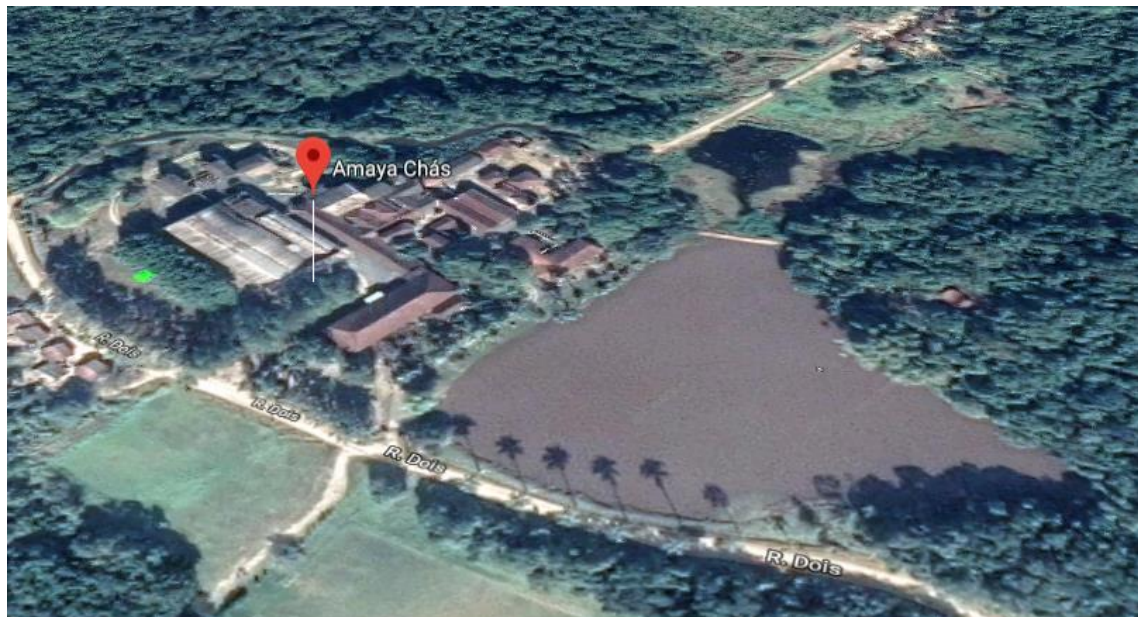
Fonte: (ELEKTRO, 2018)

#### 3.1.2 LOCAL ESCOLHIDO

O local para realização deste trabalho, foi escolhido em uma indústria de produção de chá na cidade de Registro no estado de São Paulo. As coordenadas

geográficas do local são 24°32'25.4"S 47°49'04.2"W. A Figura 17 mostra a imagem de satélite da indústria e do lago onde será instalado o sistema.

Figura 17 - Imagem de satélite da Indústria de Chá e o Lago Amaya



Fonte: Google Maps (2018)

Através da ferramenta do google maps é possível medir a área de trabalho do lago. Foi constatado uma área total do lago de 14.500,00 m². De acordo com o proprietário da indústria, a profundidade máxima do lago é de 3 metros.

### 3.1.2 IRRADIAÇÃO SOLAR

Os dados de irradiação média foram obtidos através do CRESEB, o qual apresenta dados da cidade de Registro-SP. A Figura 18 mostra a irradiação durante um período de um ano.

Figura 18 - Irradiação solar diária média mensal

Estação: Registro  
Município: Registro , SP - BRASIL  
Latitude: 24,5° S  
Longitude: 47,849° O  
Distância do ponto de ref. ( 24,4875° S; 47,843611° O ): 1,5 km

| # | Ângulo                  | Inclinação | Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|---|-------------------------|------------|---------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|   |                         |            | Jan                                               | Fev  | Mar  | Abr  | Mai  | Jun  | Jul  | Ago  | Set  | Out  | Nov  | Dez  | Média | Delta |
| ☑ | Plano Horizontal        | 0° N       | 5,37                                              | 5,36 | 4,45 | 3,85 | 3,06 | 2,62 | 2,62 | 3,28 | 3,44 | 3,88 | 4,79 | 5,46 | 4,02  | 2,84  |
| ☑ | Ângulo igual a latitude | 24° N      | 4,86                                              | 5,13 | 4,59 | 4,37 | 3,76 | 3,35 | 3,26 | 3,82 | 3,62 | 3,79 | 4,42 | 4,88 | 4,15  | 1,87  |
| ☑ | Maior média anual       | 19° N      | 5,01                                              | 5,23 | 4,60 | 4,31 | 3,65 | 3,23 | 3,16 | 3,74 | 3,62 | 3,85 | 4,53 | 5,04 | 4,16  | 2,07  |
| ☑ | Maior mínimo mensal     | 41° N      | 4,21                                              | 4,60 | 4,34 | 4,40 | 3,96 | 3,60 | 3,46 | 3,91 | 3,50 | 3,48 | 3,88 | 4,17 | 3,96  | 1,14  |

Fonte: (CRESESB)

### 3.1.3 TEMPERATURA AMBIENTE

Foi realizado medições de temperatura como base para dimensionar a temperatura média durante o dia, para se aproximar ao local o qual será dimensionado o sistema. Tendo em vista a imprecisão inerente a metodologia, poderá ter um desvio de 15% aproximado entre a temperatura amostrada, mas que são redundantes para efeitos de cálculos. As medidas foram através de um termômetro infravermelho Raynger ST2 das duas superfícies os quais serão instaladas, no telhado e na superfície da água, como mostradas na Figura 19.

Figura 19 - Medição de Temperatura para telhado e lago, através de um termômetro infravermelho



Fonte: Autor (2018)

### 3.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para análise computacional do sistema FVF foi realizada pelo programa PVsyst. O *software* permite calcular e dimensionar diversos níveis de complexidade, podendo apresentar os níveis de sombreamento, sistema de ventilação, inclinação, etc. A escolha do programa deve-se ao fato de ter sido utilizado em várias pesquisas como (LOPES e SOUZA JUNIOR, 2016) e (STRANGUETO, 2016).

A instalação do programa foi em um notebook Aspire F5-573G-771D, com Intel Core i7 6500U e a versão do PVsyst é Trial 6.7.5. A interface inicial está conforme a Figura 20.

Figura 20 - Interface Inicial do PVsyst

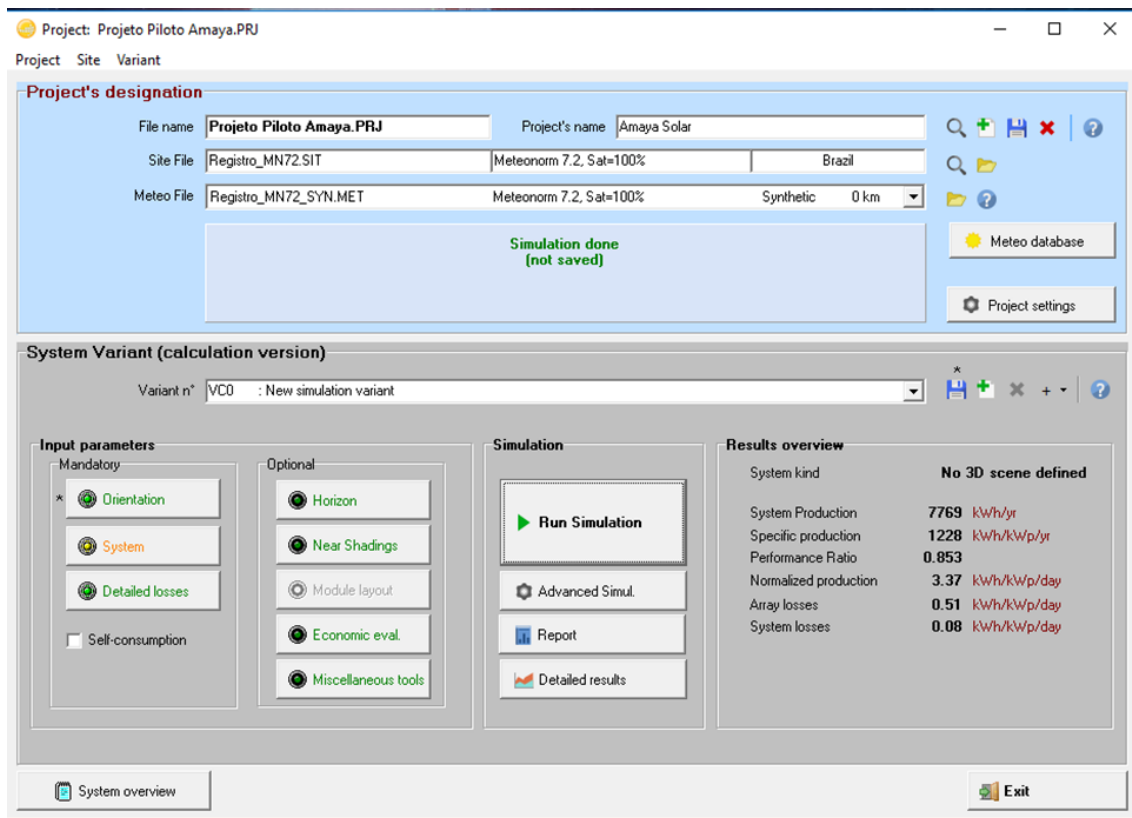


Fonte: Autor (2018)

Na tela inicial primeiramente é atualizado a *Databases* com as configuração do *site* onde será realizado as simulações. Através do dados adquiridos nos tópicos de localização e irradiação em 3.1.2 e 3.1.3, poderá ser registrado os dados meteorológico, latitude e longitude, entre outros, o que dará continuidade ao projeto.

Após a configuração do *Databases*, é realizado o projeto em si. Onde poderá ser dimensionado o sistema que será implantado. A tela de dimensionamento está conforme a Figura 21. Esta será a primeira etapa, o será nomeado e identificado o projeto. Nesta etapa também pode-se configurar a orientação dos painéis com a melhor inclinação, sistema que será condicionado, perdas que são previstas, como em inversores, sombreamento, temperatura, entre outros, conforme visto no tópico 2.3.

Figura 21 - Tela de identificação do sistema



Fonte: Autor (2018)

Nos parâmetros de entrada, existe uma opção de dimensionamento do sistema, conforme a Figura 22.

Essa tela mostra muitos parâmetros que são essenciais para o conjunto do sistema. Como, os módulos fotovoltaicos, inversores, área total ocupada, quantidade de módulos e inversores, entre outros.

A grande vantagem do simulador PVsyst é que apresenta um grande banco de dados para fabricantes de painéis FV e inversores, assim garantirá maior exatidão do sistema. Foi optado pelo sistema da Canadian Solar pela facilidade de encontrar os produtos em busca de navegação.

Figura 22 - Tela de dimensionamento do sistema

**Global System configuration**

1 Number of kinds of sub-arrays

**Global system summary**

|                  |        |                  |           |
|------------------|--------|------------------|-----------|
| Nb. of modules   | 306    | Nominal PV Power | 84.2 kWp  |
| Module area      | 501 m² | Maximum PV Power | 82.8 kWdc |
| Nb. of inverters | 3      | Nominal AC Power | 90.0 kWac |

**PV Array**

**Sub-array name and Orientation**

Name: PV Array

Orient: Fixed Tilted Plane

Tilt: 24°

Azimuth: 0°

**Presizing Help**

No sizing

Enter planned power: 0.0 kWp

... or available area(modules): 0 m²

**Select the PV module**

Available Now

Canadian Solar Inc. 275 Wp 26V Si-poly CS6K - 275P Since 2016 Manufacturer 2017

Sizing voltages: Vmpp (60°C) 26.4 V

Voc (-10°C) 42.4 V

**Select the inverter**

Available Now

Canadian Solar 30 kW 200 - 800 V TL 50/60 Hz CSI-30KTL-GS-FL Since 2017

Nb. of inverters: 3

Operating Voltage: 200-800 V

Input maximum voltage: 1000 V

Global Inverter's power: 90.0 kWac

**Design the array**

**Number of modules and strings**

Mod. in series: 17

Nbre strings: 18

Overload loss: 0.0 %

Pnom ratio: 0.94

**Operating conditions**

|             |       |
|-------------|-------|
| Vmpp (60°C) | 449 V |
| Vmpp (20°C) | 537 V |
| Voc (-10°C) | 721 V |

Plane irradiance: 1000 W/m²

Imp (STC): 161 A

Isc (STC): 170 A

Isc (at STC): 170 A

Max. operating power at 1000 W/m² and 45°C: 77.3 kW

**Array nom. Power (STC): 84.2 kWp**

The inverter power is slightly oversized.

System overview

Cancel

OK

Fonte: Autor (2018)

Para obter uma redundância nos resultados, calcula-se o valor obtido da energia na teoria para que se compare na simulação do PVSyst. Conforme a seguinte equação:

$$E.E = NHIE \cdot 365 \cdot P_n \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

NHIE = número de horas diárias de insolação equivalente (média anual);

E.E = energia elétrica gerada em MWh;

365 = número de dias de 1 ano;

P<sub>n</sub> = potência nominal em MWP

Após realizado a estrutura dos painéis FV, será realizado a configuração dos parâmetros de perdas do sistema. Existem dois parâmetros, que essencialmente se diferencia uma instalação FV comum com as FVF, que são os parâmetros de temperatura ambiente e ventilação. A temperatura ambiente pode-se verificar através do tópico 3.1.3, a ventilação é condicionado ao local de instalação dos painéis FV, conforme apresentadas nas Figura 23 e Figura 24.

Figura 23 - Parâmetro de Temperatura (ambiente)

The screenshot shows the 'Project settings' dialog box with the 'Design conditions' tab selected. The 'Site-dependent Design parameters' section includes a red warning icon and a list of reference temperatures for array design: Lower temperature for Absolute Voltage limit (-10 °C), Winter operating temperature for VmppMax design (20 °C), Usual operating temperature under 1000 W/m (50 °C), and Summer operating temperature for VmppMin design (60 °C). The 'Other design Parameters' section includes 'Array Max. voltage' (IEC (usually 1000 V) selected, UL (usually 600 V)), 'muVoc value' (From one-diode model selected, From specification), and 'Transposition Model for this project' (Hay model (robust) selected, Perez-Ineichen model (sophisticated)). The 'Limit overload loss for design' is set to 3.0 %.

Fonte: Autor (2018)

Figura 24 - Parâmetro de temperatura (ventilação)

The screenshot shows the 'PV field detailed losses parameter' dialog box with the 'Thermal parameter' tab selected. The 'Field Thermal Loss Factor' section includes the formula  $U = U_c + U_v \cdot \text{Wind vel}$  and input fields for Constant loss factor  $U_c$  (20.0 W/m²K) and Wind loss factor  $U_v$  (0.0 W/m²K / m/s). The 'NOCT equivalent factor' section includes a warning: 'NOCT (Nominal Operating Cell temperature) is often specified by manufacturers for the module itself. This is an alternative information to the U-value definition which doesn't make sense when applied to the operating array.' and a button to 'See the NOCT anyway'.

Fonte: Autor (2018)

Depois de ter condicionado todos os parâmetros para o sistema, segue a última etapa, tratando-se da simulação do software. No PVsyst, a simulação consiste na apresentação para o operador, o resultado da potência total gerada, a quantidade de perda no sistema, o rendimento entre outros. Nessa etapa foram realizadas duas simulações, comparando-se os sistemas FV no telhado e o FVF no lago, obtendo-se a Figura 25.

Figura 25 - Comparação das simulações dos dois sistemas: telhado e lago

| Results, variant VC0 "Segunda Apresentação TCC (Lago)" |                                        |                  |                  |                 |                 |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Simulation parameters                                  |                                        |                  |                  |                 |                 |
| Project                                                | Amaya Solar                            | System           |                  |                 |                 |
| Site                                                   | Registro                               | PV modules       | CS6K - 275P      | Inverter        | CSI-30KTL-GS-FL |
| System type                                            | Grid-Connected                         | Nominal Power    | 84.2 kWp         | Inv. unit power | 30.0 kW         |
| Simulation                                             | 01/01 to 31/12<br>(Generic meteo data) | MPP Voltage      | 31.0 V           | Nb. of inv.     | 3               |
|                                                        |                                        | MPP Current      | 8.9 A            |                 |                 |
| Main results                                           |                                        |                  |                  |                 |                 |
| System Production                                      | 79.4 MWh/yr                            | Normalized prod. | 2.58 kWh/kWp/day |                 |                 |
| Specific prod.                                         | 943 kWh/kWp/yr                         | Array losses     | 1.26 kWh/kWp/day |                 |                 |
| Performance Ratio                                      | 0.650                                  | System losses    | 0.13 kWh/kWp/day |                 |                 |

| Results, variant VC0 "Segunda Apresentação TCC (Telhado)" |                                        |                  |                  |                 |                 |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Simulation parameters                                     |                                        |                  |                  |                 |                 |
| Project                                                   | Amaya Solar                            | System           |                  |                 |                 |
| Site                                                      | Registro                               | PV modules       | CS6K - 275P      | Inverter        | CSI-30KTL-GS-FL |
| System type                                               | Grid-Connected                         | Nominal Power    | 84.2 kWp         | Inv. unit power | 30.0 kW         |
| Simulation                                                | 01/01 to 31/12<br>(Generic meteo data) | MPP Voltage      | 31.0 V           | Nb. of inv.     | 3               |
|                                                           |                                        | MPP Current      | 8.9 A            |                 |                 |
| Main results                                              |                                        |                  |                  |                 |                 |
| System Production                                         | 77.5 MWh/yr                            | Normalized prod. | 2.52 kWh/kWp/day |                 |                 |
| Specific prod.                                            | 921 kWh/kWp/yr                         | Array losses     | 1.33 kWh/kWp/day |                 |                 |
| Performance Ratio                                         | 0.634                                  | System losses    | 0.13 kWh/kWp/day |                 |                 |

Fonte: Autor (2018)

As duas simulações servirão como modelo para analisar a praticabilidade do sistema estudado.

Finalizado as simulações do software, o trabalho segue na apresentação da metodologia para o estudo de viabilidade de implantação do sistema. Analisando-se as questões energéticas, financeiras e ambiental.

### 3.3 ESTUDO FINANCEIRO

Com o sistema já modelado, nessa etapa é realizada o estudo financeiro da aplicação da planta FV. A metodologia utilizada foram com base no *payback*, para estimar o tempo necessário para recuperar o investimento inicial.

$$\text{Payback (meses)} = \frac{\text{Investimento (R\$)}}{\text{Energia gerada (kWh)}} \quad 2$$

No cálculo do *payback* é considerado o investimento total realizado e a geração média mensal do sistema fotovoltaico.

O orçamento dos elementos utilizado estão conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de Custo do Sistema FV no telhado

|                                                                   |                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|
| Módulo Canadian Solar 275 Poly SI                                 | R\$ 124.000,00 |
| Canadian Solar Inverter 30kW                                      | R\$ 76.000,00  |
| Suporte de Fixação dos painéis                                    | R\$ 5.000,00   |
| Conectores Femea Macho                                            | R\$ 280,00     |
| Cabo Solar 6mm até 1800V                                          | R\$ 5.000,00   |
| Kit CA, Kit CC, disjuntores, DPS, quadros elétricos, entre outros | R\$ 8.700,00   |
| Projeto Elétrico                                                  | R\$ 33.000,00  |
| Comissionamento e start up                                        | R\$ 14.000,00  |
| Interligação com a rede                                           | R\$ 8.700,00   |
| Monitoramento                                                     | R\$ 550,00     |
| Instalação elétrica dos Painéis                                   | R\$ 38.000,00  |
| Seguro de Instalação                                              | R\$ 1.500,00   |
| Transporte do material                                            | R\$ 4.850,00   |
| Total                                                             | R\$ 319.580,00 |

Fonte: Autor (2018)

O orçamento foi realizado através de uma empresa instaladora de painéis solares, o qual contribuiu para o levantamento do custo financeiro. O custo de flutuadores para esse sistema, foi estimado com base da própria empresa de instalação, o qual forneceu a perspectiva de instalação FVF, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de Custo do Sistema FVF no lago

|                                                                    |                |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| Módulo Canadian Solar 275 Poly SI                                  | R\$ 124.000,00 |
| Canadian Solar Inverter 30kW                                       | R\$ 76.000,00  |
| Flutuadores com suportaço e ancoragem*                             | R\$ 165.000,00 |
| Conectores Femea Macho*                                            | R\$ 700,00     |
| Cabo Solar 6mm até 1800V*                                          | R\$ 12.000,00  |
| Kit CA, Kit CC, disjuntores, DPS, quadros elétricos, entre outros* | R\$ 16.000,00  |
| Projeto Elétrico                                                   | R\$ 42.000,00  |
| Comissionamento e start up                                         | R\$ 15.600,00  |
| Interligação com a rede                                            | R\$ 9.750,00   |
| Monitoramento                                                      | R\$ 750,00     |
| Instalação elétrica dos Painéis                                    | R\$ 66.500,00  |
| Seguro de Instalação                                               | R\$ 3.000,00   |
| Transporte do material                                             | R\$ 9.600,00   |
| Total                                                              | R\$ 540.900,00 |
| * Valores Estimados                                                |                |

Fonte: Autor (2018)

Na Tabela 2, serão instalados painéis solares na parte superior, no telhado da edificação, o qual está representado na Figura 19. A sustentação dos painéis no telhado serão através de suportes fixos na própria edificação.

Os inversores e painéis elétricos estarão localizados no mesmo local nas duas avaliações, próximas ao lago. Da mesma forma, a conexão com a rede elétrica existente, o qual está localizada próximo ao local de estudo.

O projeto elétrico, comissionamento e *start-up* serão realizadas por uma empresa especializada, que já possui o *know-how* na área de instalações fotovoltaicas. A experiência desta empresa o permitiu a realização do estimativo conforme a Tabela 3.

### 3.4 ESTUDO AMBIENTAL

O estudo ambiental consiste em avaliar o impacto ambiental que podem causar na instalação FV. Embora apresentado um conjunto de vantagens da aplicação dos painéis FV sobre a água, também existem alguns desafios. Pelo fato da tecnologia flutuante ser recente, encontra-se poucas informações, estudos e normas, sobre os impactos ambientais que causam no meio ambiente.

Neste presente trabalho, foi adotado medidas desenvolvidas para antecipar as consequências futuras das instalações degradando-se o meio

ambiente. O método aplicado foi através da avaliação de impacto ambiental, o qual mostram as ações que cada cenário pode ocorrer no meio ambiente e as consequências de cada aplicação.

Para a realização do estudo serão realizadas três análises: fase inicial de planejamento e alocação do sistema, construção do conjunto FV e operação do sistema. As análises são para o sistema FV aplicados em terra e FV flutuante no lago.

## 4 ANÁLISE E RESULTADOS

Visto na terceira capítulo do trabalho, onde foram apresentados os métodos aplicados para estudar a aplicação do sistema FV, serão abordados no quarto capítulo a questão energético, financeiro e ambiental para os cenários de FV ao solo e FVF no lago.

### 4.1 ANÁLISE ENERGÉTICA

Com base nos parâmetros iniciais do estudo, apontando-se o local do estudo, pode-se resumir na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados Iniciais do Projeto

|                              |           |                         |
|------------------------------|-----------|-------------------------|
| Média de Potência Consumida  | 6.663,00  | kWh                     |
| Irradiação média de Registro | 4,02      | kWh/m <sup>2</sup> .dia |
| Área de total livre          | 14.500,00 | m <sup>2</sup>          |

Fonte: Autor (2018)

Para a potência consumida, foi calculado pela média de consumo durante um ano inteiro, obtendo-se 6.660,00 kWh. A irradiação, através do Sundata, da mesma forma, foi obtido pela média durante um ano inteiro, obtendo-se 4,02 kWh/m<sup>2</sup>.dia.

Através desses parâmetros foi possível dimensionar a localização, onde está sendo realizado o estudo. Em seguida, parâmetros são inseridos no simulador PVSyst e realizado as simulações, as quais podem ser resumidas a partir da Tabela 5.

Tabela 5 - Tabela resumo dos resultados das simulações

|                                   | FV no telhado | FVF no lago |
|-----------------------------------|---------------|-------------|
| Número de Módulos                 | 306           | 306         |
| Área total (m <sup>2</sup> )      | 501           | 615         |
| Potência pico gerada (kWp)        | 84,2          | 84,2        |
| Potência gerado no ano (MWh/ ano) | 77,5          | 79,4        |
| Rendimento                        | 0,634         | 0,65        |

Fonte: Autor(2018)

Através dos dois resultados, comparando-se entre os sistemas de instalação FV no telhado e FVF no lago, observa-se que o rendimento no conjunto FVF é ligeiramente maior do que o sistema FV no telhado, aproxima-se em um valor de 2,52%. Esse valor indica que é possível ter mais eficiência com a instalação FV em um lago, em comparação à instalação comum, no telhado.

## 4.2 ANÁLISE FINANCEIRO

A análise financeira foi realizada com a finalidade de obter o retorno financeiro da aplicação do sistema. Fundamentalmente o estudo constitui em calcular o levantamento do custo total do investimento e dividi-lo pela economia proporcionada mensalmente.

Com os parâmetros obtidos através da simulação, é possível estimar o retorno financeiro, através da análise de potência para cada cenário. O resultado está conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Retorno financeiro para o sistema FV no telhado

| Ano | Geração c/ Perdas | Tarifa Elétrica | Remuneração   | Fluxo de Caixa   |
|-----|-------------------|-----------------|---------------|------------------|
| 1   | 77500 kWh/ ano    | 0,42            | R\$ 32.550,00 | R\$ 320.000,00   |
| 2   | 76595 kWh/ ano    | 0,441           | R\$ 33.778,40 | R\$ 287.450,00   |
| 3   | 75701 kWh/ ano    | 0,463           | R\$ 35.049,56 | R\$ 253.671,61   |
| 4   | 74817 kWh/ ano    | 0,486           | R\$ 36.361,06 | R\$ 218.622,04   |
| 5   | 73943 kWh/ ano    | 0,51            | R\$ 37.710,93 | R\$ 182.260,98   |
| 6   | 73080 kWh/ ano    | 0,536           | R\$ 39.170,88 | R\$ 144.550,05   |
| 7   | 72227 kWh/ ano    | 0,563           | R\$ 40.663,80 | R\$ 105.379,17   |
| 8   | 71384 kWh/ ano    | 0,591           | R\$ 42.187,94 | R\$ 64.715,37    |
| 9   | 70550 kWh/ ano    | 0,621           | R\$ 43.811,55 | R\$ 22.527,43    |
| 10  | 69726 kWh/ ano    | 0,652           | R\$ 45.461,35 | R\$ (21.284,13)  |
| 11  | 68912 kWh/ ano    | 0,685           | R\$ 47.204,72 | R\$ (66.745,48)  |
| 12  | 68108 kWh/ ano    | 0,719           | R\$ 48.969,65 | R\$ (113.950,20) |
| 13  | 67312 kWh/ ano    | 0,755           | R\$ 50.820,56 | R\$ (162.919,85) |
| 14  | 66527 kWh/ ano    | 0,793           | R\$ 52.755,91 | R\$ (213.740,41) |
| 15  | 65750 kWh/ ano    | 0,833           | R\$ 54.769,75 | R\$ (266.496,32) |
| 16  | 64982 kWh/ ano    | 0,875           | R\$ 56.859,25 | R\$ (321.266,07) |
| 17  | 64223 kWh/ ano    | 0,919           | R\$ 59.020,94 | R\$ (378.125,32) |
| 18  | 63474 kWh/ ano    | 0,965           | R\$ 61.252,41 | R\$ (437.146,26) |
| 19  | 62732 kWh/ ano    | 1,013           | R\$ 63.547,52 | R\$ (498.398,67) |
| 20  | 62000 kWh/ ano    | 1,064           | R\$ 65.968,00 | R\$ (561.946,18) |

Fonte: Autor (2018)

O sistema FV do telhado é representado na Tabela 6 e foi adotado que em 20 anos a eficiência cairá 20% do que foi estipulado inicialmente no projeto. A tarifa elétrica também foi adotada um aumento de 5% de ajuste todo ano.

É observado que para o sistema FV, que após o nono ano, será pago o investimento para instalação dos conjunto FV, sendo que a partir do décimo ano, traria vantagens econômicas para o cliente.

Da mesma forma foi realizado para o sistema FVF, representado na Tabela 7.

Tabela 7 - Retorno financeiro para o sistema FVF no lago

| Ano | Geração c/ Perdas | Tarifa Elétrica | Remuneração   | Fluxo de Caixa   |
|-----|-------------------|-----------------|---------------|------------------|
| 1   | 79400 kWh/ ano    | 0,42            | R\$ 33.348,00 | R\$ 540.900,00   |
| 2   | 78473 kWh/ ano    | 0,441           | R\$ 34.606,59 | R\$ 507.552,00   |
| 3   | 77557 kWh/ ano    | 0,463           | R\$ 35.908,89 | R\$ 472.945,41   |
| 4   | 76651 kWh/ ano    | 0,486           | R\$ 37.252,39 | R\$ 437.036,52   |
| 5   | 75756 kWh/ ano    | 0,51            | R\$ 38.635,56 | R\$ 399.784,13   |
| 6   | 74872 kWh/ ano    | 0,536           | R\$ 40.131,39 | R\$ 361.148,57   |
| 7   | 73998 kWh/ ano    | 0,563           | R\$ 41.660,87 | R\$ 321.017,18   |
| 8   | 73134 kWh/ ano    | 0,591           | R\$ 43.222,19 | R\$ 279.356,30   |
| 9   | 72280 kWh/ ano    | 0,621           | R\$ 44.885,88 | R\$ 236.134,11   |
| 10  | 71436 kWh/ ano    | 0,652           | R\$ 46.576,27 | R\$ 191.248,23   |
| 11  | 70602 kWh/ ano    | 0,685           | R\$ 48.362,37 | R\$ 144.671,96   |
| 12  | 69777 kWh/ ano    | 0,719           | R\$ 50.169,66 | R\$ 96.309,59    |
| 13  | 68963 kWh/ ano    | 0,755           | R\$ 52.067,07 | R\$ 46.139,93    |
| 14  | 68158 kWh/ ano    | 0,793           | R\$ 54.049,29 | R\$ (5.927,14)   |
| 15  | 67362 kWh/ ano    | 0,833           | R\$ 56.112,55 | R\$ (59.976,43)  |
| 16  | 66575 kWh/ ano    | 0,875           | R\$ 58.253,13 | R\$ (116.088,98) |
| 17  | 65798 kWh/ ano    | 0,919           | R\$ 60.468,36 | R\$ (174.342,11) |
| 18  | 65030 kWh/ ano    | 0,965           | R\$ 62.753,95 | R\$ (234.810,47) |
| 19  | 64270 kWh/ ano    | 1,013           | R\$ 65.105,51 | R\$ (297.564,42) |
| 20  | 63520 kWh/ ano    | 1,064           | R\$ 67.585,28 | R\$ (362.669,93) |

Fonte: Autor (2018)

Analisando-se os dois sistemas, verifica-se que o sistema FVF por ser mais alto para sua implantação, investimento inicial ser maior, o payback também será maior em relação ao instalado em terra. O sistema FVF apresenta um tempo maior para o retorno do investimento, somente após o décimo terceiro ano que começará a obter créditos pela instalação. Em comparação ao sistema FV, o qual apresenta um retorno financeiro após o nono ano.

### 4.3 ANÁLISE AMBIENTAL

A análise ambiental foi com base na pesquisa (SILVA e BRANCO, 2018), o qual mostrou sistematicamente os impactos que cada fase na implantação do projeto FV terrestre e em comparação com o FV flutuante. A Tabela 8 indica a fase inicial do projeto, o qual é relacionada a alocação e implantação do sistema FV.

Tabela 8 - Análise ambiental na fase de alocação e implantação FV.

| Aspectos                           | Impacto                                                                                 | FV flutuante                                                              | FV convencional                                                                       | Comentários                                                                                             |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desmatamento                       | Múltiplas                                                                               | Pode ocorrer para acessar local                                           | Acesso ao local e instalação                                                          | Maior impacto em FV convencional                                                                        |
| Fundação e estrutura de apoio      | Compactação de vela, erosão, distúrbios nos recursos da água e impacto da flora e fauna | Pode ocorrer devido a ancoragem e trincheiras no solo, máquinas e tráfego | Fundação, trincheiras, maquinário pesado, tráfego e preparação da instalação no local | Maior impacto em FV convencional                                                                        |
| Infraestrutura de águas pluviais   | Escoamento e erosão do solo                                                             | -                                                                         | Requerido                                                                             | Maior impacto em FV convencional                                                                        |
| Desmatamento                       | Mudança do micro clima                                                                  | -                                                                         | Existente                                                                             | Maior impacto em FV convencional                                                                        |
| Colisão de passáros com os painéis | Mortalidade dos pássaros                                                                | Pode ocorrer                                                              | Pode ocorrer                                                                          | Maior em FV convencional                                                                                |
| Atração de insetos                 | Mortalidade dos pássaros                                                                | Precisa de mais investigação                                              | Pode ocorrer                                                                          |                                                                                                         |
| Bloqueio de luz solar              | Diminuição da qualidade da água                                                         | Ocorre no lago                                                            | -                                                                                     | Isto ajuda a prevenir a evaporação. Embora precise de planejamento para não causar depleção do oxigênio |
| Emprego                            | Positivo                                                                                | Ocorre                                                                    | Ocorre                                                                                | Maior em FV convencional                                                                                |

Fonte: Adaptado de (SILVA e BRANCO, 2018)

Da mesma forma para a análise de construção e operação do sistema FV, conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Análise ambiental na fase de construção e operação FV.

| Aspectos            | Impacto                                 | FV flutuante  | FV convencional | Comentários                                                                                                              |
|---------------------|-----------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Local de acesso     | Desmatamento                            | Pode ocorrer  | Pode ocorrer    | A magnitude depende das características do local                                                                         |
| Local de acesso     | Tráfego na área                         | Pode aumentar | Pode aumentar   | Maior em FV flutuante                                                                                                    |
| Ruído               | Distúrbio da vida selvagem e visitantes | Pode ocorrer  | Pode ocorrer    | Necessita de um plano de gerenciamento do ruído                                                                          |
| Geração de resíduos | Poluição e contaminação                 | Pode ocorrer  | Pode ocorrer    | Necessita de um plano de gerenciamento do resíduo. Pode haver diferentes resíduos gerados na FV convencional e flutuante |
| Emprego             | Positivo                                | Ocorre        | Ocorre          | Depende da tecnologia                                                                                                    |

Fonte: Adaptado de (SILVA e BRANCO, 2018)

## 5 CONCLUSÃO

A utilização de um sistema de geração de energia FV flutuante é um conceito inovador e recente, podendo ser também conciliado a outras formas de geração de energia. O sistema apresenta um bom potencial de crescimento, com vários benefícios, como exemplo a redução de evaporação em lagos, redução da proliferação de algas, aumento da eficiência devido a diminuição da temperatura dos módulos, entre outros.

Lembrando que o sistema flutuante, está sujeito a instabilidade de posição devido os ventos que ocorrem na natureza. Por este fato, deve-se realizar um bom projeto de ancoragem, prevenindo que se sujeite as variações no desempenho de cada módulo.

Neste presente trabalho foi analisado as questões produção de energia, análise financeira e ambiental, para se obter uma comparação da melhor forma de aplicação do sistema FV.

O sistema FVF estudado proporcionou um resultado, através das simulações, coerente quanto ao estudo de casos da Tabela 1. Na análise, observou-se que o ganho do sistema FVF em comparação ao FV terrestre, foi de 2,52%, próximos aos ganhos no estudo de (MITTAL D., 2017) e (UEDA, 2008). Por outro lado, o custo levantado para implantação do sistema é muito alto em comparação ao instalação em terra, conseqüentemente o seu *payback* ficou maior.

Outro fator a ser discutido é a durabilidade dos módulos, que em contato com a umidade, provavelmente irá ocorrer a deterioração acelerada, ocorrendo assim, a diminuição do rendimento ou até a perda de funcionamento do equipamento. Como um todo, deve-se estudar os módulos, cabos, suportaçãõ e ancoragem, que ficam diretamente ou próximo a superfície da água.

Com a projeção do sistema muito bem elaborado, existem perspectivas para adoção desse tipo de sistema, os quais demonstraram através das literaturas citadas, a eficiência em relação aos terrestres, com vantagens além da questão energética, mas ambiental.

## Referências

ABNT. NBR 10899 - Energia Solar Fotovoltaica - Terminologia, 2013.

ABSOLAR. **Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica**, AGOSTO 2018. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br>>.

ALMEIDA, M. P. Qualificação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. **Universidade de São Paulo**, 2012.

ALMEIDA, P. M. Modelagem e controle de conversores estáticos fonte de tensão utilizados, 2006.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. [S.l.]: [s.n.], 2017. Disponível em: <[aneel.gov.br](http://aneel.gov.br)>.

ARAÚJO, A. J. N.; RANK, N. I.; BUENO, T. B. A. ANÁLISE DOS FATORES DE PERDAS NOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOR A REDE ELÉTRICA EM CURITIBA. **Universidade Tecnológica Federal do Parana**, 2016.

ATLAS, B. D. E. **ATLAS Brasileiro de Energia Solar**. [S.l.]. 2017.

BLUESOL. Bluesol, 2016. Disponível em: <Blue Sol instala primeira usina Solar flutuante do Brasil>. Acesso em: 10 outubro 2018.

BRASIL, G. N. **HIDROGRAFIA**, dez. 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/meio-ambiente/2009/10/rios-e-bacias-do-brasil-formam-uma-das-maiores-redes-fluviais-do-mundo>>.

CCEE. **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica**. [S.l.]. 2018.

CHANG, Y. P. An ant direction hybrid differential evolution algorithm in determining the tilt angle for photovoltaic modules. **Expert Syst Appl**, 2010.

CHOI, Y. K. A Study on Power Generation Analysis of Floating PV System Considering. **International Journal of Software Engineering And Its Applications**, 2014.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. **Potencial Solar – SunData**, 2018. Disponível em: <>.

CRESESB. CEPEL. **CRESESB**. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade\\_4811](http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade_4811)>. Acesso em: 10 junho 2018.

DGS. Photovoltaic Systems - Planning and installing. **The German Energy Society**, 2008.

DGS, G. S. E. S. Planning and Installing Photovoltaic Systems, 2013.

ELEKTRO. **Elektro**, 2018. Disponível em: <<https://www.elektro.com.br/sua-casa/servicos-para-voce>>.

ENERGIA, M. D. M. E. Balanço Energético Nacional 2018. **Ministério de Minas e Energia**, 2018.

FEARNSIDE, P. M. **IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS NA TOMADA DE DECISÕES SOBRE GRANDES OBRAS**. Amazônia: INPA, 2015.

HARTZELL, T. S. Evaluating potential for floating solar installations on Arizona Water Management. **University Of Arizona, Arizona**, 2016.

HASHID, L. **Fundamentos de Cálculo Espacial**. [S.l.]: Learn and Aply, 2018.

IKKI, O.; KUROKAWA, K. The Japanese Experiences with National PV System. **Solar Energy. Vol 70**, 2001.

LIMA, J. B. ENERGIA FOTOVOLTAICA COMO, 2014.

LOPES, M. M.; SOUZA JUNIOR, P. A. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FLUTUANTES: análise do tema e estudo de caso para o lago da UNIFEI. **Oferta e Demanda de Energia – o papel da tecnologia da informação na integração dos recursos**, Gramado - RS, Setembro 2016.

MAJID, Z. A. A. . R. M. G. . S. K.; , O. M. Y. . A. M. S. M. Study on performance of 80 WATT floating photovoltaic panel. **Journal of Mechanical Engineering and Sciences**, 2014.

MITTAL D., B. S. B. K. . R. K. V. S. Comparason of Floating Photovoltaic Plant with Solar Photovoltaic Plant for Energy Generation at Jodhpur in India. **IEEE**

**International Conference on Technological Advancements in Power and Energy**, 2017.

NASCIMENTO, C. A. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA, 2004.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. **GTES**, Rio de Janeiro, n. CEPEL, DTE e CRESESB, Março 2014.

RESEARCH, G., 2018. Disponível em: <<https://www.greentechmedia.com/research/report/floating-pv-systems-is-this-a-real-thing#gs.OB3KMHU>>.

SACRAMENTO, E. M. D. E. A. Scenarios for use of floating photovoltaic plants in Brazilian reservoirs. **IET Renewable Power Generation**, 2015.

SAHU, A.; YADAV, N.; SUDHAKAR , K. Floating photovoltaic power plant: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Central Institute of Plastic Engineering and Technology, Bhopal , India, 2016.

SANTAFÉ, M. R. et al. Theoretical and experimental analysis of a floating photovoltaic cover for water irrigation. **Energy**, 2014.

SILVA, G. D. P.; BRANCO, D. A. C. Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts. **IMPACT ASSESSMENT AND PROJECT APPRAISAL**, 2018.

SINGH AK, B. D. S. L. P. R. Feasibility study of a grid-tied 2MW floating solar PV power station and e-transportation facility using 'SketchUp Pro' for the proposed smart city of Pondicherry in India. **J Smart Cities.**, 2016.

SOLAR FINGER. Disponível em: <<https://solarfinger.com.br>>.

SOLAR, P. Portal Solar, 2018. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 22 Setembro 2018.

SOUZA, A.; ARISTONE, F. ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS EM. **Interespaço**, 2017.

STRANGUETO, K. M. Estimativa do Potencial Brasileiro de Produção de Energia Elétrica através de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes em Reservatórios de Hidroelétricas. **Unicamp**, Campinas, 2016.

SUNGROW. Sungrow, 2017. Disponível em: <[https://en.sungrowpower.com/news\\_press\\_detail?id=18](https://en.sungrowpower.com/news_press_detail?id=18)>. Acesso em: 14 Setembro 2018.

TEO, H. G.; LEE, P. S.; HAWLADER, M. N. A. An active cooling system for photovoltaic. **Applied Energy**, 2011.

TRAPANI, K.; SANTAFÉ, M. R. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 2014.

UEDA, Y. Performance analysis of PV systems on the water. **European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition**, 2008.

UEDA, Y. Five years demonstration results of floating PV systems, 2012.