

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Thiago Eustáquio Ferreira

**ANÁLISES DE CUSTOS E DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA  
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: PAINÉIS FIXOS E PAINÉIS MÓVEIS**

Novo Hamburgo, RS

2017

**Thiago Eustáquio Ferreira**

**ANÁLISES DE CUSTOS COMPARATIVOS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAÍCOS:  
PAINÉIS FIXOS E PAINÉIS MÓVEIS**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Orientador: Prof. Dr. Natanael Rodrigues Gomes

Novo Hamburgo, RS

2017

**Thiago Eustáquio Ferreira**

**ANÁLISES DE CUSTOS E DE VIABILIDADE ECONOMICA PARA  
SISTEMAS FOTOVOLTAÍCOS: PAINÉIS FIXOS E PAINÉIS MÓVEIS**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos.**

**Aprovado em 11 de Dezembro 2017:**

---

**Natanael Rodrigues Gomes, Dr.(UFSM)**  
Presidente/Orientador

---

**Claudio Roberto Losekann, Dr. (UFSM)**

---

**Carlos Roberto Cauduro, Dr. (UFSM)**

Novo Hamburgo, RS

2017

## RESUMO

### ANÁLISES DE CUSTOS E DE VIABILIDADE ECONOMICA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAÍCOS: PAINÉIS FIXOS E PAINÉIS MÓVEIS

Autor: Thiago Eustáquio Ferreira  
Orientador: Natanael Rodrigues Gomes

A matriz energética brasileira para geração de energia elétrica depende essencialmente da geração hidrelétrica para suprir o consumo cada vez mais crescente, apesar das termelétricas suprirem parte desta demanda, as necessidades ambientais e as possibilidades em gerar energia elétrica a partir de fontes renováveis vêm incentivando investimentos e o crescimento no setor de geração alternativa. A energia solar fotovoltaica vem se destacando devido ao grande potencial energético e disponibilidade solar do Brasil. A eficiência dos sistemas fotovoltaicos depende de vários aspectos entre os quais os seguintes: qualidade das células fotovoltaicas, sombreamento nas células, capacidade de seguimento do sol de forma a maximizar a incidência da radiação solar, entre outros. Este trabalho analisa as características construtivas, vantagens e desvantagens de três projetos de geração fotovoltaica com diferentes estruturas suportes para painéis: estrutura fixa, móvel (*tracker*) em uma direção e móvel em duas direções. Por fim, é realizada uma análise econômica financeira dos três projetos para identificar qual projeto possui maior eficiência, aspectos de melhoria e inovação. Que apesar de demonstrarem uma maior eficiência das estruturas móveis quando comparados à estrutura fixa, apresentam um resultado econômico financeiro que inviabiliza a substituição de estruturas fixas por estruturas móveis.

Palavras-chave: sistemas fotovoltaicos, eficiência, estruturas fixas e estruturas móveis (*tracker*).

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF COSTS AND ECONOMIC VIABILITY FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: FIXED PANELS AND MOBILE PANELS**

Author: Thiago Eustáquio Ferreira  
Orienter: Natanael Rodrigues Gomes

The Brazilian energy matrix for electricity generation depends essentially on hydroelectric generation to supply increasing consumption, although thermoelectric plants supply part of this demand, the environmental needs and the possibilities to generate electricity from renewable sources have been encouraging investments and growth in the alternative generation sector. Photovoltaic solar energy has been highlighted due to the great energy potential and solar availability of Brazil. The efficiency of photovoltaic systems depends on several aspects among which the following: quality of photovoltaic cells, shading in cells, ability to track the sun in order to maximize the incidence of solar radiation, among others. This work analyzes the constructive characteristics, advantages and disadvantages of three photovoltaic generation projects with different structure supports for panels: fixed, mobile structure (tracker) in one direction and mobile in two directions. Finally, an economic and financial analysis of the three projects is carried out to identify which project has the greatest efficiency, aspects of improvement and innovation. Despite demonstrating a greater efficiency of the mobile structures when compared to the fixed structure, they present an economic financial result that makes it impossible to replace fixed structures with mobile structures.

Keywords: photovoltaic systems, efficiency, fixed structures and mobile structures (tracker).

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1- Ângulos entre PV, raio incidente do Sol e eixos cardeais | 12 |
| Figura 2 - Características do projeto gerador básico               | 21 |
| Figura 3 - Placa solar CANADIAN SOLAR 60CELLS 260W                 | 22 |
| Figura 4 - Inversor Fronius Galvo 2.0-1 light (2.000W)             | 23 |
| Figura 5 - Quadro Elétrico Fotovoltaico (Stringbox)                | 24 |
| Figura 6 - Cabo solar Prysmian Afumex                              | 25 |
| Figura 7 - Área projeto integrada (residência e área para suporte) | 26 |
| Figura 8 - Estrutura fixa Solar Group                              | 27 |
| Figura 9 - Rastreador solar de 1 eixo - ETATRACK 1000-30           | 28 |
| Figura 10 - Valores taxa de importação mais tributos               | 29 |
| Figura 11 - Rastreador solar Feina SF09                            | 30 |
| Figura 12 - Valores taxa de importação mais tributos               | 31 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 - Quadro especificação inversor Fronius                   | 23 |
| Quadro 2 - Quadro valores gerador solar partes separadas           | 32 |
| Quadro 3 - Valores dos suportes separados                          | 32 |
| Quadro 4 - Valores dos suportes móveis                             | 33 |
| Quadro 5 - Ganho de geração comparado                              | 33 |
| Quadro 6 - Ganhos de geração                                       | 34 |
| Quadro 7 - Receitas e despesas com impostos                        | 34 |
| Quadro 8 - Receitas e despesas sem impostos                        | 34 |
| Quadro 9 – Legendas para as quadro 7 e 8                           | 35 |
| Quadro 10 - VPL e TIR dos projetos comparados com impostos e taxas | 36 |
| Quadro 11 - VPL e TIR dos projetos comparados sem impostos e taxas | 37 |

## SUMARIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>   | <b>9</b>  |
| 1.1 OBJETIVOS   | 9         |
| 1.1.1 Objetivo Geral  | 9         |
| 1.1.2 Objetivos Específicos                                   | 10        |
| <b>2 REFERENCIAL TEORICO</b>                                  | <b>11</b> |
| 2.1 ENERGIA SOLAR   | 11        |
| 2.1.1 Irradiação R e Irradiância G                            | 11        |
| 2.1.2 Irradiância útil e ponto de máxima irradiância          | 12        |
| 2.1.3 Corrente IPV versus tensão VPV relação irradiância      | 12        |
| 2.2 PAINEL FOTOVOLTAICO (PV)                                  | 12        |
| 2.2.1 Características   | 13        |
| 2.2.2 Energia fotovoltaica vantagens                          | 13        |
| 2.2.3 Energia fotovoltaica desvantagens e medidas tomada      | 13        |
| 2.3 TIPOS DE ESTRUTURAS                                       | 15        |
| 2.3.1 Estruturas fixas  | 15        |
| 2.3.2 Estrutura com rastreamento solar                        | 15        |
| 2.3.3 Rastreadores passivos                                   | 16        |
| 2.3.4 Rastreadores ativos                                     | 16        |
| 2.4 TIPOS DE RASTREADORES ÚNICO EIXO E DUPLO EIXO             | 16        |
| 2.4.1 RASTREADORES EIXO ÚNICO                                 | 16        |
| 2.4.2 RASTREADORES EIXO DUPLO                                 | 16        |
| 2.5 COMPARANDO GANHOS   | 17        |
| <b>3 METODOLOGIA E METODOS</b>                                | <b>18</b> |
| 3.1 PROJETO REFERÊNCIA EMPREGANDO MICRO GERADOR               | 19        |
| 3.2 COMPONENTES BÁSICOS: GERADOR FOTOVOLTAICO                 | 21        |
| 3.2.1 Painéis solares   | 22        |
| 3.2.2 Inversor de frequência                                  | 22        |
| 3.2.3 Quadro Elétrico Fotovoltaico (Stringbox)                | 24        |
| 3.2.4 Cabos   | 25        |
| 3.2.5 Estrutura suporte - valores                             | 25        |
| 3.2.5.1 Suporte Solar fixo Group                              | 26        |
| 3.2.5.2 Suporte solar com rastreador único eixo               | 27        |
| 3.2.5.3 Suporte solar com rastreador duplo eixo               | 29        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>                              | <b>32</b> |
| <b>4.1 ANÁLISES DE CUSTOS – SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b>        | <b>32</b> |
| <b>4.2 ANÁLISES DE CUSTOS – SUPORTE DE FIXAÇÃO DAS PLACAS</b> | <b>33</b> |
| <b>4.3 ANÁLISES COMPARATIVAS</b>                              | <b>33</b> |
| 4.4 GANHOS RELATIVOS PERCENTUAIS DE GERAÇÃO                   | 33        |
| 4.5 CUSTOS TOTAIS   | 34        |
| <b>4.6 VALOR PRESENTE LIQUIDO E TAXA INTERNA DE RETORNO</b>   | <b>35</b> |
| <b>4.7 RESULTADOS VPL E TIR</b>                               | <b>36</b> |
| <b>5 RESULTADOS E CONCLUSÃO</b>                               | <b>38</b> |
| <b>6 Referências Bibliográficas</b>                           | <b>39</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energias renováveis vem se intensificando com o passar do tempo, vários fatores como: escassez de água para sistemas hidrelétricos, altos custos com tecnologias em termoelétricas nucleares e as grandes quantidades de emissão de poluentes oriundos de fontes não renováveis, vem tornando o tema energia renovável cada ano mais atraente.

Energias renováveis são fontes de energia limpa e inesgotável, alguns exemplos comuns são: eólica, biomassa, geotérmica, solar entre outras.

Devido à abundância de irradiação solar uma das tecnologias mais aplicadas tem sido a energia solar, uma energia limpa e inesgotável, que pode ser aproveitada através de várias tecnologias. A tecnologia solar fotovoltaica em especial, vai ser alvo de estudo neste trabalho, pensa-se que tal tecnologia venha a tornar-se uma das fontes energéticas com maior crescimento no futuro.

A eficiência dos sistemas fotovoltaicos depende de vários aspectos entre os quais os seguintes: qualidade das células fotovoltaicas, sombreamento nas células, capacidade de seguimento do sol de forma a maximizar a incidência da radiação solar, entre outros.

Desta forma esta pesquisa visa avaliar a importância em propiciar a maior captação de incidência solar sobre os painéis solares, visando uma maior eficiência e um melhor desempenho das usinas de micro geração fotovoltaicas.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a partir de três cenários o potencial de geração de energia elétrica por meio de módulos fotovoltaicos fixados em três tipos diferentes de estrutura suporte para os painéis solares: estrutura fixa, estrutura com rastreador solar móvel em uma direção e estrutura com rastreador solar móvel em duas direções. A fim de observar qual das três opções possui o maior desempenho e a melhor viabilidade econômica. Para isto, é imprescindível realizar, uma análise

econômica da viabilidade, a partir do VPL (valor presente líquido) e TIR (taxa interna de retorno) comparando o desempenho dos três projetos de micro geração fotovoltaica utilizando os suportes de fixação: fixo móvel em uma direção e móvel em duas direções.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

1. Desenvolver um projeto referência e calcular a demanda de energia exigida pela instalação.
2. Selecionar os componentes básicos necessários para o projeto referência.
3. Selecionar os três tipos diferentes de suportes que poderão ser utilizados, estudar as características construtivas e de desempenho dos três tipos de estruturas suportes.
4. Realizar uma análise de viabilidade econômica da aquisição das três estruturas suportes.
5. Verificar qual das três opções possuem o maior viabilidade financeira a partir do VPL e TIR.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ENERGIA SOLAR

A energia solar (radiação solar) abundante, inesgotável e de fácil acesso, pode ser aproveitada por todos, tem a enorme vantagem de ser uma energia limpa e renovável. A utilização de fontes de energia renováveis passou a ser uma real necessidade para o mundo atual, principalmente em decorrência do problema ambiental.

#### 2.1.1 Irradiação R e Irradiância G

A irradiação R é a densidade de energia na superfície plana perpendicular à direção de propagação dos raios solares, expressa em Wh/m<sup>2</sup>.

A irradiância é a intensidade B da radiação solar, definida pela densidade de potência incidente sobre uma superfície plana perpendicular aos raios solares com área unitária, expressa em W/ m<sup>2</sup>.

A irradiância extraterrestre B<sub>0</sub> é o valor medido sobre um plano perpendicular aos raios solares, colocado acima da atmosfera terrestre. Segundo a Organização Meteorológica Mundial o valor médio de B<sub>0med</sub> é 1367 W/m<sup>2</sup>, chamado de constante solar (CRESESB, 2004).

A irradiância global G de um painel fotovoltaico é o valor da B<sub>0</sub> que efetivamente atinge o painel fotovoltaico, em decorrência da atenuação causada pela massa de ar da atmosfera terrestre (LORENZO, 2011).

A equação 1: irradiância global G é dada por:

$$G = B_{0med} \cdot \epsilon_0 \cdot 0,7^{AM} \quad (1)$$

Onde:

G: irradiância global de um PV [W/m<sup>2</sup>];

B<sub>0med</sub>: irradiação extraterrestre ou constante solar = 1.367 W/m<sup>2</sup>;

ε<sub>0</sub>: fator de correção de excentricidade;

AM: massa de ar = 1 / sen (Ys);

$\gamma_s$ : ângulo de zênite solar em graus.

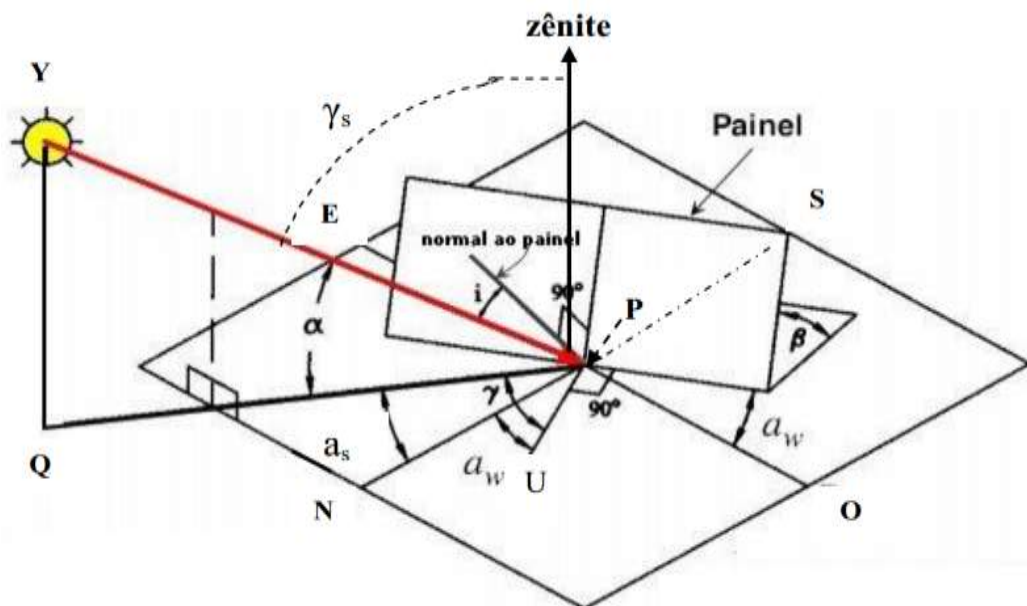
### 2.1.2 Irradiância útil e ponto de máxima irradiância

A equação 2: irradiância útil no painel é dada por:

$$Bu = G \cdot \cos(i) \quad (2)$$

Sendo  $i$  o ângulo formado pelo eixo normal do painel em relação ao ângulo de incidência solar no painel de acordo com a Figura 1 abaixo:

Figura 1 - Ângulos entre PV, raio incidente do Sol e eixos cardeais.



Fonte: Revista ELECTRÓNICA 2012

## 2.2 PAINEL FOTOVOLTAICO (PV)

Os Painéis Fotovoltaicos são componentes essenciais nos sistema de energia fotovoltaica, visto que sem eles não seria possível converter a radiação solar em energia elétrica. São conjuntos de células fotovoltaicas interligadas entre si com o objetivo de converter energia solar em energia elétrica. Ao conjunto de células

fotovoltaicas normalmente dá-se o nome de módulo, quando se tem vários módulos ligados entre si forma-se, uma matriz.

As células fotovoltaicas são constituídas principalmente por materiais semicondutores como o silício cristalino e o arsenieto de gálio. A célula fotovoltaica possui dois contatos elétricos em extremos opostos, que vão permitir fechar o circuito elétrico. O conjunto de células fotovoltaicas encontra-se protegido por uma capa protetora que deve ser um material condutor térmico, para dissipar o calor acumulado.

### **2.2.1 Características**

A característica não linear da tensão versus corrente de saída do painel fotovoltaico (PV) dificulta a transferência da energia do PV para a carga. A tensão e a corrente variam com as condições meteorológicas e com a irradiância solar.

A energia incidente é afetada pela orientação do painel em relação ao Sol. Para que a energia fotovoltaica realmente se torne competitiva, tornando-se atrativa em muitas aplicações, as suas limitações devem ser solucionadas ou minimizadas.

### **2.2.2 Energia fotovoltaica vantagens**

A energia fotovoltaica apresenta muitas vantagens, com destaque para:

- O impacto ambiental é mínimo, não havendo emissão de nenhum tipo de poluente.
- Os painéis fotovoltaicos podem durar por mais de 30 anos, na superfície da Terra ou no espaço.
- Os painéis são constituídos de módulos interconectáveis e são de fácil instalação e manutenção.

### **2.2.3 Energia fotovoltaica desvantagens e medidas tomadas**

Alguns fatores influenciam o funcionamento máximo dos projetos de geração fotovoltaico, (ENOVAENERGIA) relata os principais motivos de perdas:

- O Sombreamento é um dos principais problemas, pois afeta diretamente a energia disponível no local, tanto sombreamento por árvores, prédio ou qualquer outro obstáculo quanto o sombreamento ocasionado por sujeira como poeira, folhas, dejetos de aves, etc.

- Temperatura de operação das placas, o calor excessivo atrapalha as placas fotovoltaicas e os fabricantes quantificam esse efeito através de um parâmetro conhecido como Coeficiente de potência. Ele indica qual o percentual da potência que se perde para cada °C a mais de temperatura no painel. Em casos extremos, as placas podem chegar a 70°C dependendo da hora e lugar, o que pode ter um impacto instantâneo de quase 30% na geração.

- Um fator de impacto mais moderado diz respeito às diferenças de fabricação entre os módulos. Painéis de um mesmo modelo, com mesma potência e de um mesmo fabricante podem apresentar pequenas diferenças que geram as chamadas perdas por desacoplamento, que chegam a representar até 5% a menos de geração.

- Outras perdas ocorrem nos cabeamentos e no inversor, sendo bem mais discretas, dificilmente ultrapassando 2% e 3%, respectivamente.

A eficiência das células fotovoltaicas e dos painéis é baixa, para melhorar essa característica pode-se: posicionar as células fotovoltaicas em melhores locais e fazer uma manutenção, limpeza periódica nos painéis e o resfriamento das placas pelas chuvas ou mesmo a partir de sistemas automatizados de resfriamento artificial.

A eficiência máxima das células solares de silício cristalino é aproximadamente 28%. A *Sun Power Corp.* já conseguiu uma eficiência de 24% (LEVITAN, 2012). Todavia, a eficiência dos painéis fica normalmente em torno de 16%, embora já exista tecnologia de fabricação para atingir 20%, que ainda não é aplicada para não aumentar os custos. (LEVITAN, 2012) relata, porém, que o custo de 1 kg de polissilício caiu de 80 dólares (em início de 2011) para 30 dólares. Outros materiais têm sido pesquisados com sucesso e há uma real tendência de queda do preço dos painéis em função do aumento da escala de produção e das novas tecnologias de materiais e de fabricação (CRESESB, 2006).

- Maximizar a transferência da energia do PV para sua carga: A perda de rendimento causada pela característica tensão versus corrente de saída do painel é combatida pela técnica de procura do ponto de máxima potência, que garante

instantaneamente o casamento de impedância do painel com o conversor estático, que é geralmente a sua carga (CARVALHO, 2012).

- Aumentar a captação da radiação pelo PV: A energia captada pelo painel pode ser maximizada através de um sistema automático de rastreamento cuja finalidade é manter o plano do painel perpendicular à radiação solar incidente.

## 2.3 TIPOS DE ESTRUTURAS

Existem vários tipos de painéis solares, de acordo com suas características construtivas, eficiência, faixa de tensão, corrente e potência, entre outras, neste trabalho vamos analisar o desempenho e a viabilidade levando em consideração as diferenças entre os painéis solares fixos comparando-os com painéis solares móveis.

### 2.3.1 Estruturas fixas

São os tipos de estruturas mais utilizadas em projetos de geração fotovoltaica, estas estruturas são instaladas a partir de análises técnicas e fixadas em uma posição onde ocorre maior irradiância útil. São as mais comuns por apresentarem menor custo material e maior simplicidade de instalação quando comparados aos sistemas fotovoltaicos que utilizam rastreamento solar na sua estrutura.

### 2.3.2 Estrutura com rastreamento solar

São sistemas que possuem um dispositivo mecânico que tem como objetivo posicionar os painéis sempre em uma posição mais favorável para captar a maior irradiância. O custo de um sistema de seguimento, quanto se tem em conta o valor do projeto de um sistema fotovoltaico é de um incremento de 20% desse valor, mas é preciso ter em conta que um sistema deste tipo pode vir a aumentar as receitas geradas em cerca de 40% (LEVITAN, 2012).

Os rastreadores podem ser de dois tipos de acordo com as características de monitoramento e comando:

### **2.3.3 Rastreadores passivos**

Este tipo rastreador é baseado na expansão térmica de um líquido do tipo Freon. Este tipo de gás aumenta de volume quando sujeito ao aumento de temperatura, o gás ao expandir vai provocar o movimento dos painéis solares de uma forma já definida no sentido de apontá-los para o sol. Neste, o gás é colocado em tubos, um de cada lado do painel, ao aquecer o gás vai passar para o estado gasoso e condensar no tubo do lado oposto, provocando o movimento.

### **2.3.4 Rastreadores ativos**

São rastreadores que podem fazer o seguimento por diferentes métodos, podem utilizar sensores ou algoritmos cronológicos do "movimento" do sol e vão ser responsáveis por fazer o seguimento do sol de forma ativa ao fazer atuar algum tipo de motor. A sua classificação pode ser feita em relação ao seu movimento eixo.

## **2.4 TIPOS DE RASTREADORES ÚNICO EIXO E DUPLO EIXO**

### **2.4.1 Rastreadores único eixo**

Sistemas com rastreadores de único eixo são construídos de maneira em que acompanhem o Sol, leste - oeste ou norte- sul. O uso de um único motor diminui os custos com o consumo de energia do sistema. O eixo leste – oeste é o mais utilizado por ser o movimento de maior variação do Sol.

### **2.4.2 Rastreadores duplo eixo**

Sistemas com rastreadores de duplo eixo são construídos de maneira em que acompanhem o movimento de Sol diariamente em dois eixos, em qualquer posição que o Sol esteja, o uso de sistemas de duplo eixo aumenta o custo devido à



necessidade de dois motores, porém apresentam maior percentual de energia convertida em relação aos sistemas fixos e de único eixo respectivamente.

## 2.5 COMPARANDO GANHOS

As ideias desenvolvidas por TREVELLIN (2014 apud pag. 31) indicam que estudos realizados por Axaopoulos e Fylladitakis idealizando a utilização de um sistema de rastreamento de eixo duplo, capaz de acompanhar o sol no eixo leste – oeste diariamente e também no eixo zênite do painel durante o ano com dados tomados na Grécia, Alemanha e na Escócia apresentaram ganhos percentuais em geração de energia de 34,8%, 28,7% e 30,4% quando comparados aos sistemas fixos.

Em outro estudo realizado em Bagdá por All-Najjar obteve-se ganhos de 29,6% com rastreamento em único eixo leste – oeste quando comparados com um sistema fixo.

### 3 METODOLOGIA

Devido às necessidades ambientais, elevados preços dos energéticos convencionais e o crescente interesse em investir em fontes alternativas para geração de energia elétrica, neste trabalho são comparados três tipos diferentes de estruturas suportes para fixação dos painéis utilizados em um projeto de micro geração elétrica fotovoltaica, e verificada a viabilidade econômica para cada tipo de estrutura.

Para realizar estas comparações vamos usar um projeto de geração fotovoltaica utilizando estrutura fixa, como referência, e acrescentar os custos e ganhos de implantação das estruturas com rastreamento, em único eixo e duplo eixo respectivamente, os procedimentos metodológicos adotados foram:

- a) Revisão literária das características gerais de alguns projetos de geração fotovoltaica e das normas que versam a respeito de geração de energia solar fotovoltaica;
- b) Elaboração do projeto referência cálculo da demanda energética da edificação e cálculo da potência de geração mínima para o projeto;
- c) Estudo e seleção dos componentes básicos: painéis, inversor de frequência, caixa de proteção/comando e cabos, para o projeto fotovoltaico referência;
- d) Estudos e seleção dos três tipos de estrutura suportem comercialmente disponíveis. Observa-se que para a estrutura fixa existem vários fabricantes e distribuidores sendo, que para este trabalho foi selecionado o produto que oferece as características funcionais e de segurança necessárias para o projeto, fornecidas pelo fabricante do produto.  
Para as estruturas com rastreamento em único eixo ou duplo eixo, ocorre uma grande dificuldade em encontrar estas estruturas, sendo que para este trabalho foram utilizadas as estruturas que oferecem as características funcionais e de segurança necessárias para o projeto, fornecidas pelo fabricante do produto, comercialmente disponível;
- e) Desenvolvimento do orçamento de todos os componentes básicos do projeto referência, e de cada um dos três tipos de estrutura suporte. E

verificação da carga gerada pelo micro gerador fotovoltaico utilizando cada um dos três tipos de suportes;

- f) Verificada a viabilidade econômica para os três tipos de suportes, a partir do cálculo do valor presente líquido e da taxa de retorno interna, foram feitas as conclusões.

Seguido os procedimentos metodológicos apresentados acima, foi possível realizar as comparações, e definir as conclusões.

### 3.1 PROJETO REFERÊNCIA EMPREGANDO MICRO GERADOR DE ESTRUTURA FIXA

Para comparar e verificar a viabilidade econômica da implantação de estruturas com rastreadores em eixo único ou duplo eixo, usaremos um projeto referência (desenvolvido pelo autor deste trabalho) de geração de energia para futuras instalações na cidade de Belo Horizonte, todo o projeto desenvolvido em conformidade com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), respeitando também as Normas técnicas brasileiras (NBR). As equações 3, 4 e 5 apresentadas abaixo, foram utilizadas para quantificar o projeto referência.

Dados de projeto:

- Consumo médio de energia da instalação existente: 250kwh.
- Para este consumo médio de energia temos um consumo diário:

$$\frac{\text{consumo médio de energia}}{\text{dias}} \quad (3)$$

$$\frac{250\text{KWh}}{30 \text{ dias}} = 8,33\text{kWh}$$

- Considerando um consumo de energia diário de 8,33kWh e uma irradiação solar média de 4,55kWh/m<sup>2</sup> temos:

$$\frac{\text{consumo de energia diário}}{\text{irradiação solar média}} \quad (4)$$

$$\frac{8,33}{4,55} = 1,83\text{kWp}$$

De potência necessária a ser entregue pelo o sistema à rede, assumindo uma eficiência de 83% segundo dados do fabricante, e segundo a empresa SOLARVOLT os fabricantes garantem 90% da potência até o décimo segundo ano e 80% em 25 anos, temos 2,206kwp de potência necessária a ser entregue à rede pelo sistema.

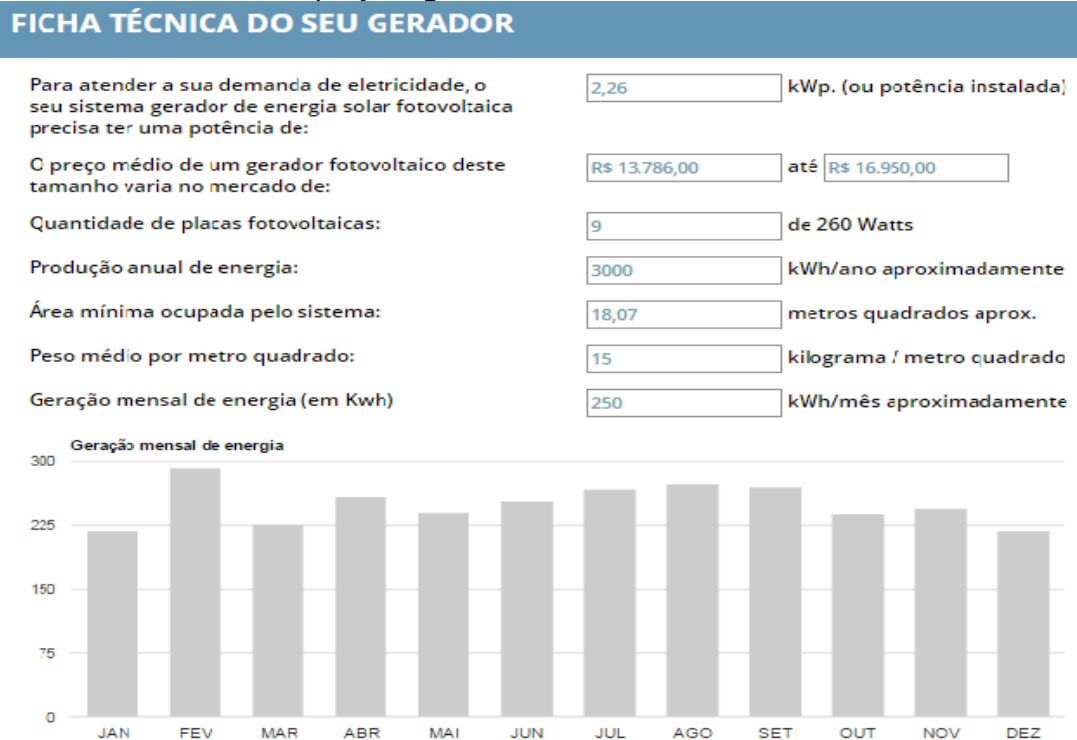
- Utilizando uma placa de 260 w(CANADIAN SOLAR 60CELLS 260 w) vamos precisar de:

$$\frac{\text{potência necessária}}{\text{potência das placas}} \quad (5)$$

$$\frac{2,2\text{kW}}{260\text{W}} = 9 \text{ painéis}$$

Todos os cálculos realizados acima foram confirmados pela simulação e análise do site Portal Solares, de acordo com a Figura 2:

Figura 2 - Características do projeto gerador básico



Fonte: Site Portal Solar

### 3.2 COMPONENTES BÁSICOS GERADOR FOTOVOLTAICO

Um gerador fotovoltaico geralmente possui alguns componentes básicos, agrupados em três diferentes blocos: o bloco gerador, o bloco de condicionamento de potência e o bloco de armazenamento. Cada grupo é formado por componentes com funções específicas.

- Bloco gerador: Painéis solares, cabos e estrutura/suporte para fixar os painéis.
- Bloco de condicionamento e proteção de potência: Inversor e quadro elétrico fotovoltaico (Stringbox).

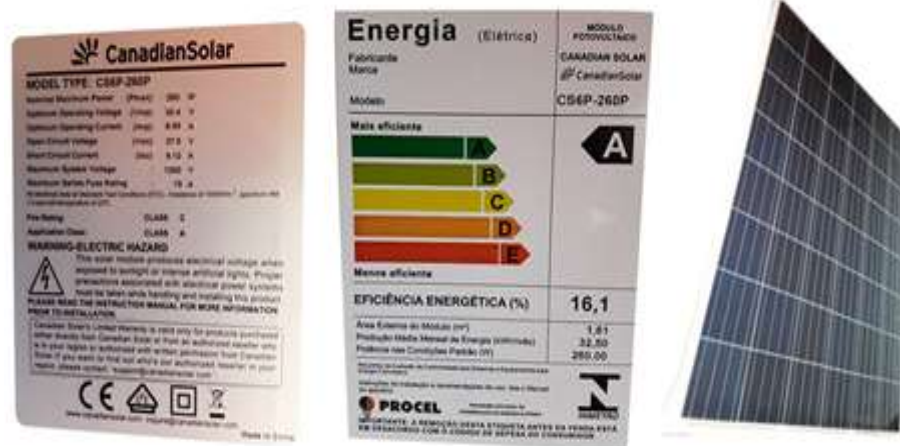
### 3.2.1 Painéis solares

Para o projeto referência vamos utilizar painéis CANADIAN SOLAR 60CELLS 260W.

Painel Solar de 260 w da marca CANADIAN para Geração de Energia Solar, ilustrado na Figura 3 é ideal para uso tanto em sistemas conectados à rede, quanto em sistemas isolados com baterias e controlador de carga.

O painel solar CANADIAN 260W poli cristalino possui 60 células com excelente eficiência do módulo de até 16,16%. Este módulo fotovoltaico possui 25 anos de Garantia Linear de produção de energia e 10 anos de Garantia Contra Defeitos de Fabricação.

Figura 3 – Placa solar CANADIAN SOLAR 60CELLS 260W



Fonte: Loja Neo Solar

Valor loja Solar Solution 9 painéis: R\$ 5.614,65.

### 3.2.2 Inversor de frequência

Para o projeto referência vamos utilizar o inversor Fronius Galvo 2.0-1 light (2.000W), que oferece todos os pré requisitos para desempenhar a função necessária para converter a tensão CC em CA fornecida pelos painéis solares que apresenta a seguinte descrição:

Os inversores ON GRID da linha Fronius Galvo, são conversores para uso com energia solar fotovoltaica que funcionam integrados a rede elétrica. A linha

Galvo possui potência de 1,5 a 3,1 kW e é otimizado para sistemas de auto-consumo. Uma série de outros recursos inteligentes tornam o Fronius Galvo um dos inversores mais avançados da sua classe.

O Fronius Galvo é um inversor *ON GRID* que trabalha em sincronia com a rede elétrica reduzindo a conta de energia da unidade consumidora, todas as especificações técnicas do inversor estão descritas na Tabela 1, e a Figura 4 ilustra o inversor que vamos utilizar.

Quadro 1 – Quadro especificação inversor Fronius

| Entrada                     |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| Potência máxima de entrada  | 2140W           |
| Voltagem máxima de entrada  | 420Vcc          |
| Faixa de Voltagem do MPP    | 120Vcc a 335Vcc |
| Voltagem mínima de entrada  | 120Vcc          |
| Voltagem para inicialização | 140Vcc          |
| Corrente máxima de entrada  | 17,8A           |
| Saída                       |                 |
| Potência nominal de saída   | 2000W           |
| Voltagem de saída (faixa)   | 180 A 270 vca   |
| Frequência de saída         | 60Hz            |
| Corrente máxima de saída    | 9,7A            |

Fonte: Próprio autor

Figura 4 – Imagens ilustrativas Inversor Fronius Galvo 2.0-1 light (2.000W)



Fonte: Loja Neo Solar

Valor loja Neosolar: R\$ R\$5.143,00

### 3.2.3 Quadro Elétrico Fotovoltaico (Stringbox)

Para o projeto referência vamos utilizar um quadro elétrico fotovoltaico que oferece todos os pré-requisitos para desempenhar as funções necessárias de proteção e manobra. A Figura 5 ilustra o quadro que iremos utilizar.

Quadro de proteção corrente contínua para sistemas fotovoltaicos (Stringbox).

Especificações técnicas:

- 1 chave seccionadora corrente contínua;
- 1 DPS corrente contínua para os polos positivo e negativo;
- Caixa elétrica IP65 (instalação interna e externa);
- prensa-cabos já instalados na caixa para passagem dos cabos (entrada, saída e terra);
- Suporta 2 strings de até 12 painéis fotovoltaicos;
- Equipamentos montados em trilho DIN;
- Chave Seccionadora de 25A e 1000V.

Figura 5 – Imagem ilustrativa Quadro Elétrico Fotovoltaico (Stringbox)



Fonte: Loja Neo Solar

Valor loja Neosolar: R\$1.122,00



### 3.2.4 Cabos

Para o projeto referência escolhemos o Cabo solar Prysmian AFUMEX Flex 4 mm 1kv, ilustrado na Figura 6.

Cabo solar Prysmian Afumex 4mm<sup>2</sup> Preto 1kV desenvolvido especialmente para instalações fotovoltaicas, resistente a raios ultravioletas e resistente às mudanças de temperatura. O cabo solar Prysmian AFUMEX Flex 4 apresenta as seguintes especificações técnicas:

- Marca: Prysmian Cabo solar Prysmian Afumex 4mm<sup>2</sup> Preto 1kV;
- Temperatura máxima do condutor: +120°C;
- Resistência aos raios UV 720h;
- Desempenho contra fogo: Não propagante a chama, conforme EN 60332-1-2.

Figura 6 - Imagens ilustrativas Cabo solar Prysmian Afumex



Fonte: Loja Neo Solar

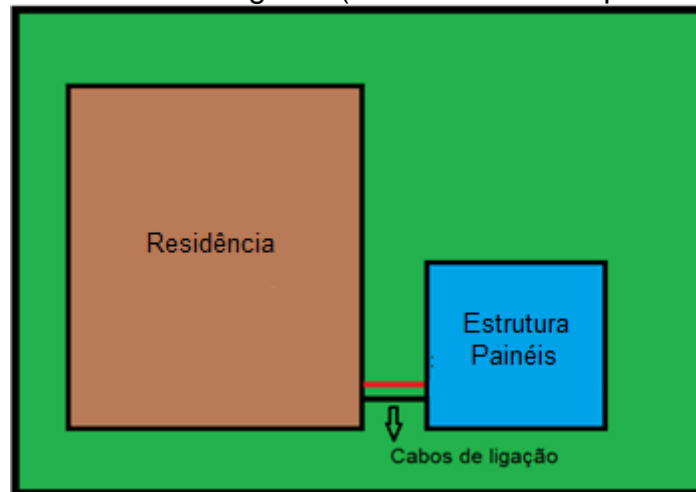
Valor loja Neosolar 15 metros (três cabos de 5 metros cada): R\$59,85.

### 3.2.5 Estrutura suporte – valores

Para fixar os painéis do projeto referência vamos utilizar três tipos de estruturas suporte: suporte A (estrutura fixa), suporte B (móvel em 1 eixo) e suporte C(móvel em dois eixos).

Para equiparar as condições e realizar as comparações, as análises econômicas financeiras, vamos fixar as estruturas externamente (não utilizando a estrutura do telhado, ou a cobertura) à residência, ou seja, vamos instalar as estrutura de acordo com Figura 7:

Figura 7 - Imagem ilustrativa área integrada (residência e área para suporte)



Fonte: Projeto referência próprio autor

### 3.2.5.1 Suporte Solar fixo Group

Para o projeto referência escolhemos três Kits de montagem Solar Group para fixar em laje ou qualquer superfície plana de três painéis fotovoltaicos, totalizando nove painéis de acordo com o projeto.

Este kit da Solar Group inclui todo o material necessário para montagem de 9 painéis fotovoltaicos em Laje ou superfície plana.

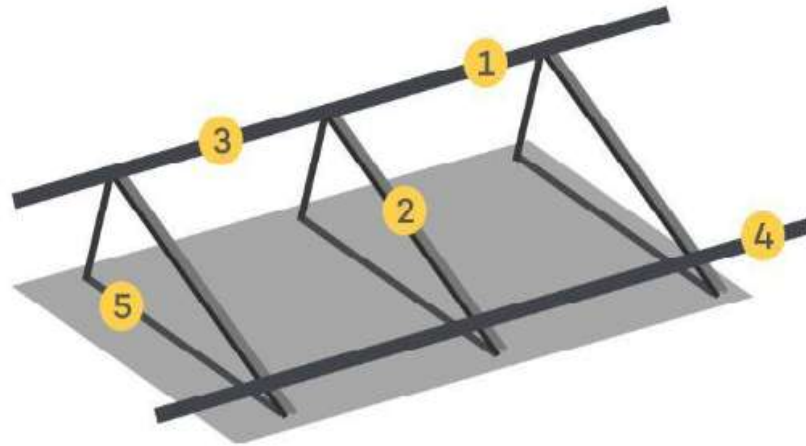
O material utilizado é de qualidade superior e especialmente desenhada para suportar as condições do local de instalação, ou seja: sol, chuva, calor, frio e vento.

Especificações técnicas:

- Inclui trilhos desenvolvidos especificamente para trabalhar com painéis fotovoltaicos;
- Os trilhos de 3,15m acomodam até três módulos de 1m de largura na posição vertical;
- As estruturas da Solar Group foram projetadas para uma instalação rápida, prática e segura e com grande durabilidade;
- Módulos fotovoltaicos de 60 e 72 células (até 1m de largura).

Kit de montagem Solar Group para laje - 3 painéis fotovoltaicos Kit completo Solar Group para Laje plana com fixação através de Cola apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Imagem ilustrativa estrutura fixa Solar Group



Fonte: Loja Neo Solar

Valor total 4.347,00 (para os três kits necessários pra alocar os nove painéis).

### 3.2.5.2 *Suporte solar com rastreador único eixo*

Foi feita a escolha pelo suporte seguidor solar do tipo Rastreador solar de 1 eixo com 10m<sup>2</sup> - ETATRACK 1000-30 – da marca LORENTZ; Figura 9.

Segundo dados do produto, o uso de um rastreador solar aumenta o rendimento e a produção de energia em mais de 25%.

Lorentz ETATRACK rastreadores solares ativos são seguidores de 1 eixo, de alta resistência mecânica e qualidade para rastreamento da fabricação alemã. Seguidor de um eixo de 10,5m<sup>2</sup>, ideal para potência média.

Especificações técnicas:

- Sem manutenção.
- Alta precisão e expectativa de vida.
- Baixo consumo de eletricidade, 1 kWh / ano, aproximadamente.
- Ausência de movimentos desnecessários no seguimento.
- Alta rentabilidade.

Sistema de rastreamento

- Ângulo de elevação Leste-Oeste: 90.

- Ângulo do segundo eixo: 30 fixo.
- Fonte de alimentação: 12 V (nominal) - 50 V (Voc) de um dos módulos.
- Seguimento passo-a-passo dependente da duração do sol (duração do dia).

#### Superfície e fixação

- 10,5m<sup>2</sup> da área total do módulo.
- Espaço vital:
- Top row: 3.3m.
- Linha média: 2,5 m.
- Fila inferior: 3,7 m.
- Altura de todas as linhas: 3,7 m.

Figura 9 - Ilustrativa Rastreador solar de 1 eixo - ETATRACK 1000-30



Fonte: Loja FF Solar

Valor loja FF Solar: USD 1.723,40

Custo de frete de acordo com a loja FF Solar USD 597,97.

Valor final com impostos (BRL): R\$ 12.127,61.

Valores: Preço mais encargos - A figura 10 apresenta o valor final do produto considerando imposto de importação.

Figura 10 - Simulação dos valores taxa de importação mais tributos

CÁLCULO DO IMPOSTO

**1. COTAÇÕES** ?

- 🇺🇸 USD - Dólar: 3.14
- 🇪🇺 EUR - Euro: 3.71
- 🇬🇧 GBP - Libra Esterlina: 4.18

**2. ALÍQUOTA DE ICMS** ?

Tipo de envio:

Unidade federativa:

Valor da alíquota: 0%

**3. TAXAS** ?

Conversão monetária:

Imposto de importação (%):

ICMS (%):

IOF (%):

**4. IMPOSTO DE IMPORTAÇÃO** ?

**VALORES**

Valor do produto (USD):

Custo do frete (USD):

Valor do produto (BRL): 5411.48

Custo do frete (BRL): 1877.63

**TOTAL DA COMPRA (BRL): 7289.10**

**TRIBUTOS**

Incluir frete no cálculo do imposto  Incluir IOF

Imposto de importação (BRL): 4373.46

ICMS (BRL): 0.00

IOF (BRL): 465.04

**TOTAL DE TRIBUTOS (BRL): 4838.51**

**TOTAIS**

**Valor final com impostos (BRL): 12127.61**

Limpar valores
Exibir resumo

Os impostos exibidos apresentam apenas uma estimativa com base no cálculo padrão para o Imposto de Importação.  
 Não são considerados nos cálculos os limites e isenções previstos em lei.  
 © Tributado.net não se responsabiliza por eventuais divergências no imposto efetivamente cobrado sobre sua mercadoria.

Fonte: tributado.com

### 3.2.5.3 Suporte solar com rastreador duplo eixo

Foi feita a escolha pelo suporte seguidor solar do tipo Rastreador solar de 2 eixos com 11m<sup>2</sup> ou 9 painéis - Seguidor Solar FEiNA SF09 – da marca FEINA; Figura 11. Ele é um seguidor de dois eixos. Isso oferece possibilidades de uso em outras aplicações solares que precisam de um bom método de segmentação Dimensões: 3x3m (9 m<sup>2</sup>).

Segundo dados do fabricante o rastreador solar FEINA SF09 é capaz de obter um incremento de energia:

- Média anual 39,20%;
- 50% no verão
- 20% no inverno.

Especificações técnicas:

- Alta mobilidade:
  - Eixo vertical: de 90° a 90°;
  - Eixo horizontal de 0 a 70°.
- Resistente a ventos de até 140 km / h.

É controlado por um microprocessador que calcula a posição de acordo com a hora, o dia e a latitude. O consumo dos motores eletrônicos utilizados para a movimentação da estrutura é pequeno, cerca de 3 W/h por dia (menos de 0,1% do gerado pelas placas).

Devido à simplicidade de operação, é altamente confiável, econômico.

Possui uma tela de LCD:

Sistema de rastreamento: ao inserir a tela de data, hora e localização, o Solar Tracker FEINA SF09 é apontado para o Sol. Cada minuto (entre 1 e 90, conforme programado) calcula a posição e move o Solar Tracker FEINA SF09, se necessário.

No momento em que a posição do sol está definida, ou depois da inclinação do sol no horizonte, o seguidor solar FEINA SF09 rastreia a posição horizontal. No momento em que o sol surgir, o seguidor solar FEINA SF09 desloca para vertical. A partir deste momento, o movimento automático normal será feito.

Figura 11 – Imagem ilustrativa Rastreador solar Feina SF09



Fonte: Loja Neo Solar

Valor loja FF Solar: USD 2.192,55

Custo de frete de acordo com a loja FF Solar USD 597,97.

Valor final com impostos (BRL): R\$ 14.717,89.

Valores: Preço mais encargos - A figura 12 apresenta o valor final do produto considerando imposto de importação.

Figura 12 - Simulação dos valores taxa de importação mais tributos

| CÁLCULO DO IMPOSTO  |   |
|---|---|
| <b>1. COTAÇÕES</b>  |   |
| USD - Dólar:  | 3.17  |
| EUR - Euro:   | 3.73  |
| GBP - Libra Esterlina:  | 4.20  |
| <b>2. ALÍQUOTA DE ICMS</b>  |   |
| Tipo de envio:  | Correios  |
| Unidade Federativa:   | SP  |
| Valor da alíquota:  | 0%  |
| <b>3. TAXAS</b>   |   |
| Conversão monetária:  | 3.17  |
| Imposto de importação (%):  | 60  |
| ICMS (%):   | 0   |
| IOF (%):  | 6.38  |
| <b>4. IMPOSTO DE IMPORTAÇÃO</b>   |   |
| <b>VALORES</b>  |   |
| Valor do produto (USD):   | 2192.55   |
| Custo do frete (USD):   | 597.97  |
| Valor do produto (BRL):   | 6950.38   |
| Custo do frete (BRL):   | 1895.56   |
| <b>TOTAL DA COMPRA (BRL):</b>   | <b>8845.95</b>                                  |
| <b>TRIBUTOS</b>   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Incluir frete no cálculo do imposto   | <input checked="" type="checkbox"/> Incluir IOF |
| Imposto de importação (BRL):  | 5307.57   |
| ICMS (BRL):   | 0.00  |
| IOF (BRL):  | 564.37  |
| <b>TOTAL DE TRIBUTOS (BRL):</b>   | <b>5871.94</b>                                  |
| <b>TOTAIS</b>   |   |
| <b>Valor final com impostos (BRL):</b>  | <b>14717.89</b>                                 |
| <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Limpar valores"/> <input type="button" value="Exibir resumo"/> </p> |   |

Os impostos exibidos apresentam apenas uma estimativa com base no cálculo padrão para o Imposto de Importação. Não são considerados nos cálculos os limites e isenções previstos em lei.

O Tributado.net não se responsabiliza por eventuais divergências no imposto efetivamente cobrado sobre sua mercadoria.

Fonte: tributado.com

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANÁLISES DE CUSTOS – SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para realizar as análises e verificar a viabilidade econômica do projeto, foi utilizado o projeto referência que necessita de uma potência média mensal de 2,206 KWp, potência gerada e fornecida por um sistema fotovoltaico para ser injetada na rede. De acordo com o quadro 2 o sistema fotovoltaico tem um custo total de R\$ 11.939,50, este valor corresponde aos componentes do sistema fotovoltaico sem considerar nenhum tipo de suporte (nem fixo eixo único ou duplo eixo).

Quadro 2 - Quadro valores gerador solar partes separadas

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Painéis solares          | 5.614,65         |
| Inversor                 | 5.143,00         |
| Quadro elétrico          | 1.122,00         |
| Cabos                    | 59,85            |
| <b>Total sem suporte</b> | <b>11.939,50</b> |

Fonte: Próprio autor

### 4.2 ANÁLISE DE CUSTOS – SUPORTE DE FIXAÇÃO DAS PLACAS

Para este trabalho foram orçados três tipos de suportes para fixação das placas: fixo único eixo e duplo eixo, os valores considerando as taxas de importação e envios estão apresentados no Quadro 3:

Quadro 3 – Valores dos suportes separados

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| Suporte fixo            | 1.297,80  |
| Rastreamento único eixo | 12.127,61 |
| Rastreamento duplo eixo | 14.717,89 |

Fonte: Próprio autor



O Quadro 4 fornece os valores dos suportes para fixação das placas desconsiderando as taxas de importação e envio, pois o objetivo principal deste trabalho é verificar e comparar a viabilidade dos projetos, e tem como objetivo também incentivar o setor industrial e acadêmico a investir em melhores formas de aproveitar os recursos energéticos.

Quadro 4 – Valores dos suportes móveis

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| Rastreamento único eixo s/impostos | 7.289,10 |
| Rastreamento duplo eixo s/impostos | 8.845,95 |

Fonte: Próprio autor

#### 4.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Para realizar as comparações entre os três tipos de projetos apresentados: painel fixo, painel móvel em único eixo ou painel móvel em duplo eixo, foi realizado o cálculo do VPL, TIR e Payback para cada uma das opções. A partir destes valores será definida a melhor opção.

#### 4.4 GANHOS RELATIVOS PERCENTUAIS DE GERAÇÃO

Os ganhos relativos à geração de energia de acordo com os suportes escolhidos 3.2.5.2, 3.2.5.3 e segundo dados do fabricante são registrados no Quadro 5:

Quadro 5 – Ganho de geração comparado

|            | Eixo único | Fixo   |
|------------|------------|--------|
| Eixo duplo | 18,80%     | 39,20% |
| Eixo único | Não aplica | 25%    |

Fonte: Próprio autor

#### 4.5 CUSTOS TOTAIS

Os custos totais dos três projetos são apresentados no quadro 6:

Quadro 6 – Ganhos de geração

|                  | Com impostos | Sem impostos |
|------------------|--------------|--------------|
| Total fixo       | 13.177,45    | Não aplica   |
| Total único eixo | 24.067,11    | 19.228,60    |
| Total duplo eixo | 26.657,39    | 20.785,45    |

Fonte: Próprio autor

Observação: os impostos são relativos às taxas de importação, acrescidos das taxas de envio. Só se aplicam aos suportes de único eixo e duplo eixo.

Os quadros 7 e 8 apresentam os valores relativos aos três projetos apresentados, valores: investimento inicial, geração de energia elétrica anual, geração de energia elétrica mensal e valores mensais/anuais retorno financeiro.

Observa-se uma geração anual para os sistemas com estrutura fixa de 3.000 KWh/ano, 3.750 KWh/ano sistemas em eixo único e 4.176 KWh/ano para eixo duplo, valores proporcionais a partir de dados dos fabricantes considerando o valor para sistemas com estrutura fixa com referência para os cálculos.

Quadro 7 – Receitas e despesas com impostos

|                                 | Estrut. fixa | Eixo único | Eixo duplo |
|---------------------------------|--------------|------------|------------|
| Investimento inicial            | 13.177,45    | 24.067,11  | 26.657,39  |
| Prod. ano kWh (***) 25%, 39,2%  | 3.000,00     | 3.750,00   | 4.176,00   |
| Geração mensal kWh              | 250,00       | 312,50     | 348,00     |
| Ger. mensal R\$(reais) (*) 0,77 | 192,50       | 240,62     | 267,96     |
| Geração anual R\$(reais)        | 2.310,00     | 2.887,50   | 3.215,52   |

Fonte: Próprio autor

Quadro 8 – Receitas e despesas sem impostos

|                                 | Estrut. fixa | Eixo único | Eixo duplo |
|---------------------------------|--------------|------------|------------|
| Investimento inicial            | 13.177,45    | 19.228,60  | 20.785,45  |
| Prod. ano kWh (***) 25%, 39,2%  | 3.000,00     | 3.750,00   | 4.176,00   |
| Geração mensal kWh              | 250,00       | 312,50     | 348,00     |
| Ger. mensal R\$(reais) (*) 0,77 | 192,50       | 240,62     | 297,96     |
| Geração anual R\$(reais)        | 2.310,00     | 2.887,50   | 3.215,52   |

Fonte: Próprio autor

Os valores apresentados no quadro 9 apresentam as legendas referentes aos quadros 7 e 8.

Quadro 9 – Legendas para as quadro 7 e 8

|       |   |
|-------|---|
| (*)   | valor kWh em reais CEMIG                  |
| (***) | 25% e 39,2% ganhos único e duplo respect. |

Fonte: Próprio autor

Observação: os valores financeiros do kWh apresentado nos quadros 7,8 e 9 são de 0,77 centavos de real, valor base do kWh de acordo com tarifa da CEMIG (Companhia energética de Minas Gerais).

#### 4.6 VALOR PRESENTE LÍQUIDA e TAXA INTERNA DE RETORNO

Para verificar a viabilidade econômica de cada um dos projetos, será necessária calcular o VPL (valor presente líquido) e a TIR (taxa interna de retorno).

As equações abaixo foram utilizadas para efetuar os cálculos para cada um dos projetos estudados.

$$\text{VPL} = -I + A * \text{FVP}$$

$$\text{FVP} = \frac{P}{A} = \left( \frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right)$$

Sendo:

i = taxa de juros

n = períodos

P = investimento

A = ganhos

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos. (MOTA, 2002)

O valor presente líquido (VPL), também conhecido como valor atual líquido (VAL) ou método do valor atual, é a fórmula matemático-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial. (MOTA, 2002).

#### 4.7 RESULTADOS VPL E TIR

Resultados VPL e TIR, considerando taxas de importação e taxas de envio.

No quadro abaixo foram utilizados dados de investimento para o ano zero (Ano 0) e retorno financeiro para os anos seguintes (Ano 1, 2, 3... 20), valores calculados contidos nos Quadros 7 e 8 deste trabalho.

Quadro 10 - VPL e TIR dos projetos comparados com impostos e taxas

|                | FIXO       | ÚNICO      | DUPLO      |
|----------------|------------|------------|------------|
| Ano            |            |            |            |
| 0              | -13.177,45 | -24.067,11 | -26.657,39 |
| 1              | 2.310,00   | 2.887,50   | 3.215,52   |
| 2              | 2.311,00   | 2.888,50   | 3.216,52   |
| 3              | 2.312,00   | 2.889,50   | 3.217,52   |
| 4              | 2.313,00   | 2.890,50   | 3.218,52   |
| 5              | 2.314,00   | 2.891,50   | 3.219,52   |
| 6              | 2.315,00   | 2.892,50   | 3.220,52   |
| 7              | 2.316,00   | 2.893,50   | 3.221,52   |
| 8              | 2.317,00   | 2.894,50   | 3.222,52   |
| 9              | 2.318,00   | 2.895,50   | 3.223,52   |
| 10             | 2.319,00   | 2.896,50   | 3.224,52   |
| 11             | 2.320,00   | 2.897,50   | 3.225,52   |
| 12             | 2.321,00   | 2.898,50   | 3.226,52   |
| 13             | 2.322,00   | 2.899,50   | 3.227,52   |
| 14             | 2.323,00   | 2.900,50   | 3.228,52   |
| 15             | 2.324,00   | 2.901,50   | 3.229,52   |
| 16             | 2.325,00   | 2.902,50   | 3.230,52   |
| 17             | 2.326,00   | 2.903,50   | 3.231,52   |
| 18             | 2.327,00   | 2.904,50   | 3.232,52   |
| 19             | 2.328,00   | 2.905,50   | 3.233,52   |
| 20             | 2.329,00   | 2.906,50   | 3.234,52   |
| Investimento   |            |            |            |
| Ganhos         |            |            |            |
| Taxa juros a.a | 11%        |            |            |
| TIR            | 17%        | 10%        | 10%        |
| VPL            | 5.267,68   | -1.023,16  | -1.001,31  |

Fonte: Próprio autor

Resultados VPL e TIR, desconsiderando taxas de importação e taxas de envio.

No quadro abaixo foram utilizados dados de investimento para o ano zero (Ano 0) e retorno financeiro para os anos seguintes (Ano 1, 2, 3... 20), valores calculados contidos nos Quadros 7 e 8 deste trabalho.

Quadro 11 - VPL e TIR dos projetos comparados sem impostos e taxas

|                | FIXO       | ÚNICO      | DUPLO      |
|----------------|------------|------------|------------|
| Ano            |            |            |            |
| 0              | -13.177,45 | -19.228,60 | -20.959,24 |
| 1              | 2.310,00   | 2.887,50   | 3.215,52   |
| 2              | 2.311,00   | 2.888,50   | 3.216,52   |
| 3              | 2.312,00   | 2.889,50   | 3.217,52   |
| 4              | 2.313,00   | 2.890,50   | 3.218,52   |
| 5              | 2.314,00   | 2.891,50   | 3.219,52   |
| 6              | 2.315,00   | 2.892,50   | 3.220,52   |
| 7              | 2.316,00   | 2.893,50   | 3.221,52   |
| 8              | 2.317,00   | 2.894,50   | 3.222,52   |
| 9              | 2.318,00   | 2.895,50   | 3.223,52   |
| 10             | 2.319,00   | 2.896,50   | 3.224,52   |
| 11             | 2.320,00   | 2.897,50   | 3.225,52   |
| 12             | 2.321,00   | 2.898,50   | 3.226,52   |
| 13             | 2.322,00   | 2.899,50   | 3.227,52   |
| 14             | 2.323,00   | 2.900,50   | 3.228,52   |
| 15             | 2.324,00   | 2.901,50   | 3.229,52   |
| 16             | 2.325,00   | 2.902,50   | 3.230,52   |
| 17             | 2.326,00   | 2.903,50   | 3.231,52   |
| 18             | 2.327,00   | 2.904,50   | 3.232,52   |
| 19             | 2.328,00   | 2.905,50   | 3.233,52   |
| 20             | 2.329,00   | 2.906,50   | 3.234,52   |
| Investimento   |            |            |            |
| Ganhos         |            |            |            |
| Taxa juros a.a | 11%        |            |            |
| TIR            | 17%        | 14%        | 14%        |
| VPL            | 5.267,68   | 3.815,35   | 4.696,84   |

Fonte: Próprio autor

## 5 CONCLUSÃO

Analisando os valores obtidos no quadro 10 e considerando as taxas de importação e envio, verificou-se um VPL negativo para os suportes móveis em único eixo ou duplo eixo o que significa um investimento inviável quando comparados ao suporte fixo.

Supondo a compra, ou fabricação no Brasil Quadro 11, destes suportes móveis em único eixo ou duplo eixo verifica-se um VPL positivo, o que mostra um investimento economicamente viável, para os dois casos quando comparados com o suporte fixo.

A taxa TIR (taxa interna de retorno) sem considerar taxas de importação e envio, apresenta 14% para suportes de único eixo ou duplo eixo, quando comparados ao suporte fixo com taxa de 17% inviabiliza o investimento mesmo desconsiderando taxas de importação e envio.

A partir dos resultados observa-se, que os ganhos de geração de potência são significativos, mas o preço dos suportes móveis não os torna viáveis, o que significa que para se tornar viável economicamente será necessário o investimento do setor industrial para diminuir os custos com a fabricação e distribuição (envio) destes produtos. Atingindo níveis maiores de eficiência e aproveitamento dos recursos energéticos existentes.

## 6 Referências Bibliográficas

CARVALHO, E.P. **Uma nova abordagem de rastreamento do ponto de máxima potência.** Dissertação de Mestrado em Automação. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, 2012.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia solar- Princípios e aplicação.** Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial\\_solar\\_2006.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2011.

ENOVAENERIA Disponível em:

< <http://www.enovaenergia.com.br/blog/post/entenda-o-que-influencia-a-geracao-do-seu-sistema-solar>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

ELECTRÓNICA. Instalação: Sistemas solares fotovoltaicos. Disponível em: < <http://www.electronicapt.com/index.pop/content/view/273/204/>>. Acesso em: 31 mar. 2012.

LEVITAN, D. **The solar efficiency gap.** IEEE Spectrum, v.49, n.6 (INT), Jun 2012, p.9-10.

LOJA NEO SOLAR Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/kit-de-montagem-solargroup-para-laje-3-paineis-fotovoltaicos.html>> Acesso em Out.2017.

LORENZO, E.. **Handbook of photovoltaic science and engineering.** Instituto de Energia Solar, Universidade Politécnica de Madri. Madri: Wiley, 2. ed., 2011.

MOTTA, Régis da Rocha. CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais.** São Paulo: Editora Atlas, 2.002.

SOLARVOLT, Disponível em: < <http://www.solarvoltenergia.com.br/kit-de-energia-solar-vida-util/>> Acesso em Fev. 2018.



TREVELLIN, F.C **Estudo Comparativo entre Métodos de Rastreamento Solar Aplicados a Sistemas Fotovoltaicos**. 2014. 31p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica - Ênfase Eletrônica) – Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. (AXAOPOULOS, P.J.; FYLLADITAKIS,E.D. Energy and economic comparative study of a tracking vs. a fixed photovoltaic system. European Scientific Journal, v. 9, n. 12, 2013.)

Tributado.com. Disponível em: <<http://www.tributado.net.>>. Acesso em: Out.2017.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia solar- Princípios e aplicação**. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial\\_solar\\_2006.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2011.

TIBA, C. **Atlas Solarimétrico do Brasil – banco de dados terrestres**. Recife: Editora Universitária da UFPE,p. 32, 2000.

LojaFFSolar disponível em<[https://www.ffi-solar.com/products/FF\\_list\\_PVP.pdf](https://www.ffi-solar.com/products/FF_list_PVP.pdf)>

Tributado.com disponível em: <<http://www.tributado.net.>>