



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**AURÉLIO MIGUEL VALENCISE SOARES**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA  
FOTOVOLTAICO ON-GRID EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE SÃO  
LUÍS -MA E DE BARREIRINHAS -MA**

São Luís  
2024

**AURÉLIO MIGUEL VALENCISE SOARES**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA  
FOTOVOLTAICO ON-GRID EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE SÃO  
LUÍS -MA E DE BARREIRINHAS -MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão com requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli.

São Luís  
2024

Soares, Aurélio Miguel Valencise

Análise comparativa da implantação de um sistema fotovoltaico On-Grid em uma residência no município de São Luís -MA e de Barreirinhas -MA. / Aurélio Miguel Valencise Soares. – São Luis, MA, 2024.

79 f

Monografia (Graduação em Engenharia Civil Bacharelado) - Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli

1.Energia fotovoltaica. 2.Sistema fotovoltaico. 3.On-Grid. I.Título.

CDU: 621.472(812.1)


**AURÉLIO MIGUEL VALENCISE SOARES**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA  
FOTOVOLTAICO ON-GRID EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE SÃO  
LUÍS -MA E DE BARREIRINHAS -MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão com requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 14 / 08 / 2024


**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **AIRTON EGYDIO PETINELLI**  
Data: 14/08/2024 14:11:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Me. Airton Egydio Petinelli (Orientador)**


Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
 **JOAO AURELIANO DE LIMA FILHO**  
Data: 15/08/2024 08:45:26-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**João Aureliano De Lima Filho (1º examinador)**

Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
 **JORGE CRESO CUTRIM DEMETRIO**  
Data: 15/08/2024 22:38:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Jorge Creso Cutrim Demétrio (2º examinador)**

Universidade Estadual do Maranhão

Ao Deus todo poderoso e a minha família pelo incentivo e compreensão nos momentos de minha ausência.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar.

À toda a minha família, o pilar da minha construção pessoal. Agradeço ao meu pai, Aurélio Jorge Mendes Soares, que me proporcionou uma educação de qualidade. Às minhas irmãs, Paula Thays Valencise Soares, Maria Eduarda Mecking Soares e Maitê Mecking Soares, pelo companheirismo e apoio. À minha mãe, Waika Valencise Blini, e ao meu padrasto, Fabricio Botaro Blini, meu imensurável agradecimento pelos exemplos de vida e apoio incondicional. Agradeço também a minha avó Lenir Ferreira Valencise, ao meu avô Dimas Valencise e ao meu tio Marcos Ferreira pelo apoio.

Aqueles que me apoiaram e estiveram do meu lado: Larissa Froz, Gabriel Veloso, Gonçalo Neto, Rafael Leite, Émerson Maia, Victor Nunes, Victor Nogueira, Lenin Santos, Felipe Oliveira, Sergio Godinho, Mariana Pires, Thaís Rios, Aline de Cássia, Emanuelle Saraiva, João Victor Leal, Lucas Ferro, Marcelle Carnib.

Ao meu orientador, Me. Airton Egydio Petinelli e a Rafael Rios que me prestou apoio durante o desenvolvimento da Monografia. Ao meu professor, Jonatas, que foi crucial para minha aprovação no vestibular, e ao corpo docente e grupo de funcionários do Curso de Engenharia Civil da UEMA.

*“A diferença entre um indivíduo que limpa o chão e um astrofísico é uma diferença de informação: aquele que limpa o chão aprendera muito pouco, mas é tão útil quanto o astrofísico e, portanto, tem direito a uma vida digna. Esse é o sentido da vida. Quando eu não me sentir mais útil, quando eu sentir que estou pensando só em mim mesmo, eu não terei mais direito de estar vivo.”*

Enéas Ferreira Carneiro

## RESUMO

A viabilidade de conexão da microgeração de energia, através de painéis solares, com a rede das concessionárias de energia torna a implantação de um sistema fotovoltaico um atrativo em um cenário de aumento dos preços da eletricidade. A possibilidade de distribuição da geração excedente de energia entre diferentes localidades, conectadas a uma mesma rede, faz-se necessário uma análise mais detalhada em qual localidade é mais viável a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede da concessionária. Este trabalho então, estuda a diferença da implantação de um sistema fotovoltaico On-Grid entre os municípios de São Luís e Barreirinhas, ambos do estado do Maranhão, levando em consideração a incidência solar de cada região, assim como a diferença nos valores dos orçamentos, e por fim, analisa em qual dos municípios é mais viável a execução do sistema fotovoltaico conectado à rede da concessionária.

**Palavras-chave:** energia fotovoltaica; sistema fotovoltaico; On-Grid.



## ABSTRACT

The feasibility of connecting microgeneration of energy through solar panels to the utility companies' grid makes the implementation of a photovoltaic system attractive in a scenario of rising electricity prices. The possibility of distributing the excess energy generation among different locations connected to the same grid requires a more detailed analysis of which location is more viable for the implementation of a photovoltaic system connected to the utility's grid. This work, therefore, studies the difference in implementing an On-Grid photovoltaic system between the municipalities of São Luís and Barreirinhas, both in the state of Maranhão, taking into account the solar incidence in each region, as well as the differences in budget values, and finally analyzes in which municipality it is more viable to execute the photovoltaic system connected to the utility's grid.

**Keywords:** photovoltaic energy; photovoltaic system; On-Grid.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Radiação solar no Brasil.....	18
Figura 2 – SHP .....	21
Figura 3 – Painel fotovoltaico convencional .....	23
Figura 4 – Inversor .....	24
Figura 5 – Sistema com medidor Bidirecional .....	25
Figura 6 – Energia injetada na rede .....	25
Figura 7 – Sistema On-Grid .....	26
Figura 8 – Sistema Off-Grid.....	27
Figura 9 – Ângulo de inclinação do painel fotovoltaico .....	28
Figura 10 – Horas de Sol Pleno .....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de equipamentos elétricos.....	34
Tabela 2 – Irradiação Global .....	35
Tabela 3 – Orçamentos de cada empresa.....	37
Tabela 4 – Potência pico de cada empresa .....	38
Tabela 5 – Potência das placas de cada empresa .....	40
Tabela 6 – Número de placas de cada empresa .....	41
Tabela 7 – Preço médio da placa de cada empresa.....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Médias do total diário da irradiação global horizontal.....	44
---	----

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIE – Agência Internacional de Energia

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CCST – Centro de Ciência do Sistema Terrestre

HSP – Horas de Sol Pleno

IA – Inteligência Artificial

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LABREN – Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia

MME – Ministério de Minas e Energia

MMGD – Microgeração e Minigeração Distribuídas de Energia Elétrica

m-Si – Silício Monocristalino

NBR – Norma Brasileira

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

p-Si – Silício Policristalino

RN – Resolução Normativa

SCEE – Sistema de Compensação de Energia Elétrica

SFCR – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

SHP – Shapefile

SIG – Sistema de Informação Geográfica

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\beta$  – Beta

GW – Gigawatts

h – Horas

h/dia – Horas por dia

kcal/dia – kilocaloria por dia

kV– Quilovolt

kW – Kilowatts

kWh/m – Kilowatts hora por metro

MW – Megawatts

R\$/Wp – Real por Watt-pico

TWh – Terawatts hora

Wh/m<sup>2</sup> – Watt hora por metro quadrado

Wh/dia – Watt hora por dia

Wh/mês – Watt hora por mês

W/m<sup>2</sup> – Watt por metro quadrado

Wp – Watt-pico

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações Iniciais .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>20</b>
1.3.1	Objetivo Geral .....	20
1.3.2	Objetivos Específicos .....	20
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Irradiação Solar .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Sistema Fotovoltaico.....</b>	<b>22</b>
2.2.1	Definição .....	22
2.2.2	Investimentos.....	22
2.2.3	Principais Componentes do Sistema Fotovoltaico On-Grid.....	23
2.2.3.1	Módulo Fotovoltaico .....	23
2.2.3.2	Inversor.....	24
2.2.3.3	Medidor Bidirecional.....	25
2.2.4	Sistema On-Grid.....	26
2.2.5	Sistema Off-Grid .....	26
2.2.6	Orientação dos Módulo Fotovoltaico .....	27
<b>2.3</b>	<b>ANEEL .....</b>	<b>28</b>
<b>2.4</b>	<b>Horas de Sol Pleno.....</b>	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Considerações Iniciais .....</b>	<b>32</b>
3.1.1	Orçamentos .....	32
<b>3.2</b>	<b>Cálculo da Potência Pico.....</b>	<b>33</b>
3.2.1	Consumo Médio Mensal.....	33
3.2.2	Consumo Médio Diário .....	34
3.2.3	Média Anual da Irradiação Global .....	35
3.2.4	Horas de Sol Pleno .....	35
3.2.5	Potência Pico .....	36
<b>3.3</b>	<b>Custo Total Baseado No Valor Por Watt-Pico.....</b>	<b>36</b>
3.3.1	Média dos Valores de Implantação .....	37
3.3.2	Média dos Valores de Potência Pico.....	37
3.3.3	Média do Valor Por Watt-Pico Por Município.....	38

3.3.4	Valor Final Por Watt-Pico de Cada Município .....	38
<b>3.4</b>	<b>Diferença do Valor Entre As Cidades .....</b>	<b>39</b>
<b>3.5</b>	<b>Custo Total Baseado No Valor Médio De Cada Placa .....</b>	<b>39</b>
3.5.1	Média Das Potências Das Placas .....	39
3.5.2	Quantidade de Placas.....	40
3.5.3	Preço Médio de cada Placa.....	41
3.5.4	Estimativa do Valor do Sistema.....	42
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Desenvolvendo o Cálculo da Potência Pico .....</b>	<b>43</b>
4.1.1	Cálculo do Consumo Médio Mensal .....	43
4.1.2	Cálculo do Consumo Médio Diário.....	43
4.1.3	Cálculo da Média Anual da Irradiação Global .....	43
4.1.4	Cálculo das Horas de Sol Pleno.....	44
4.1.5	Cálculo da Potência Pico .....	45
<b>4.2</b>	<b>Cálculo do Custo Total Baseado No Valor Por Watt-Pico.....</b>	<b>45</b>
4.2.1	Cálculo da Média dos Valores de Implantação.....	45
4.2.2	Cálculo da Média dos Valores de Potência Pico.....	46
4.2.3	Cálculo da Média do Valor Por Watt-Pico Por Município.....	46
4.2.4	Cálculo do Valor Por Watt-Pico de cada Município.....	46
<b>4.3</b>	<b>Cálculo da Diferença do Custo Entre as Cidades .....</b>	<b>47</b>
<b>4.4</b>	<b>Cálculo do Custo Total Baseado no Valor Médio de Cada Placa .....</b>	<b>48</b>
4.4.1	Cálculo Da Média Das Potências Das Placas .....	48
4.4.2	Cálculo Da Quantidade De Placas.....	49
4.4.3	Cálculo da Média do Preço Médio de Cada Placa.....	49
4.4.4	Cálculo da Estimativa do Valor do Sistema.....	50
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXO A – ORÇAMENTO EMPRESA 1 SÃO LUÍS.....</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXO B – ORÇAMENTO EMPRESA 1 BARREIRINHAS.....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXO C – ORÇAMENTO EMPRESA 2 SÃO LUÍS .....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO D – ORÇAMENTO EMPRESA 2 BARREIRINHAS.....</b>	<b>65</b>
	<b>ANEXO E – ORÇAMENTO EMPRESA 3 SÃO LUÍS .....</b>	<b>68</b>



<b>ANEXO F – ORÇAMENTO EMPRESA 3 BARREIRINHAS .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO G – ORÇAMENTO EMPRESA 4 SÃO LUÍS.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO H – ORÇAMENTO EMPRESA 4 BARREIRINHAS .....</b>	<b>77</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

O homem sempre procurou meios para facilitar suas tarefas e desenvolver suas tecnologias. A busca e evolução das fontes de energia é um grande exemplo disso, indo desde a energia originária da força muscular até a energia proveniente da fusão de núcleos atômicos. A energia consumida pelo homem na Pré-história é estimada em média de 5 mil Kcal/dia, já por volta de 1875, com a utilização do carvão, a energia média consumida pelo homem foi para 77 mil Kcal/dia (TESSMER, 2013).

Com a evolução das fontes de energia e sua utilização em grande escala somado ao aumento na demanda de energia elétrica, surgiu a necessidade de expandir as matrizes energéticas tendo mais opções e até mesmo modelos sustentáveis, como a matriz energética solar, na qual consiste na geração de energia elétrica a partir da luz solar.

De acordo com o relatório “Electricity 2024 - Analysis and forecast to 2026”, da Agência Internacional de Energia (AIE), a demanda global por eletricidade está prevista para aumentar de forma acelerada nos próximos três anos, com um crescimento médio anual de 3,4% até 2026, principalmente pelos setores de criptomoedas, Inteligência artificial (IA) e data centers, podendo esse último setor dobrar a utilização de eletricidade até 2026, visto que em 2022 o consumo total de eletricidade globalmente foi 460 TWh, podendo superar 1000 TWh em 2026.

Nesse cenário, junto com a questão de degradação ambiental, elevação do custo da energia e escassez de recursos, um sistema fotovoltaico é essencial para mitigar a demanda energética. O sistema de energia fotovoltaico é capaz de gerar energia elétrica a partir de painéis que captam a incidência dos raios do sol por meio de células fotovoltaicas encapsuladas (OLIVEIRA, 2023), dessa forma, países que recebem grande quantidade de luz solar tem vantagem na utilização desse meio de geração de energia.

Figura 1 – Radiação solar no Brasil



Fonte: ANEEL (2002).

A alta incidência solar no Brasil se dá pela sua localização privilegiada em relação a linha do equador, no qual recebe radiações superiores a  $4,5\text{kWh/m}^2$  por toda sua extensão, como visto na figura 1, índices suficientemente elevados para uma boa captação da energia solar, fazendo com que o país seja ideal para a adoção desse sistema (SALAMONI E RÜTHER, 2007).

De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no Brasil cresceu exponencialmente nos últimos anos, passando de apenas 30 MW em 2015 para mais de 8 GW em 2020. Esse crescimento expressivo é resultado de políticas de incentivo, como leilões de energia e programas de financiamento, além da redução nos custos das tecnologias solares, incentivando instalações residenciais.

Em 17 de abril de 2012, a ANEEL aprovou a normativa 482/2012 viabilizando a conexão do consumidor à microgeração e minigeração distribuída nas redes elétricas nacionais. Através dessa normativa, possibilitou-se a geração de energia em uma unidade e o consumo em

outra unidade de mesmo titular. Isso tornou a implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCCR) da concessionária um atrativo em um cenário de aumento dos preços da eletricidade.

Em nova resolução normativa, nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023, a ANEEL mantém a geração excedente de energia como possível de ser distribuída entre residências com o mesmo CPF ou CNPJ no cadastro da concessionária. Essa energia excedente expira somente em 60 meses após a data do faturamento em que foi gerada. Com essa possibilidade, uma avaliação criteriosa deve ser realizada para escolha da melhor localização para implantação de um sistema fotovoltaico On-Grid, visando melhor aproveitamento e lucro.

A utilização dessa fonte de energia sustentável, além de preservar questões ambientais, possibilita vantagem econômica devido ao Convênio ICMS 16, que possibilita a isenção da tributação do ICMS sobre a eletricidade gerada por sistemas fotovoltaicos e injetada na rede de distribuição, emitido pelo Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) em abril de 2015.

## **1.2 Justificativa**

A instalação de painéis solares emerge como uma necessidade preeminente diante dos desafios ambientais, sociais e econômicos.

Em um contexto em que as mudanças climáticas e a degradação ambiental tornam-se cada vez mais evidentes, a transição para fonte de energia solar, apresenta-se como uma alternativa imperativa quando, de acordo com Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 mais de 50% da matriz energética vem de usinas hidrelétricas, as quais causam danos ao meio ambiente.

No contexto social, a adoção de sistemas solares pode fortalecer a resiliência mantendo operações essenciais, como hospitais, escolas e serviços públicos, mesmo em face de eventos climáticos extremos ou crises energéticas, promovendo segurança social, especialmente em regiões vulneráveis a desastres naturais.

Sob uma perspectiva econômica, a implementação de sistemas solares permite reduzir drasticamente os custos associados à compra de eletricidade convencional atrativo em um cenário de aumento dos preços da eletricidade, além de poder gerar excedentes de energia, possibilitando a distribuição.

Portanto, faz-se necessário uma análise comparativa da implantação de um sistema fotovoltaico On-Grid entre dois municípios com diferentes níveis de incidência solar, diferentes custos de implantação, e com possibilidade de distribuição da geração excedente de energia entre diferentes localidades, conectadas a uma mesma rede.

### **1.3 Objetivos**

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Comparar a implantação de um mesmo Sistema Fotovoltaico On-Grid em São Luís – MA e em Barreirinhas – MA.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o impacto da incidência solar no custo da implantação do sistema fotovoltaico.
- Identificar a diferença nos valores da implantação do sistema nos dois municípios, através de orçamentos.
- Mostrar em qual dos municípios é mais viável a implantação do SFCR.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

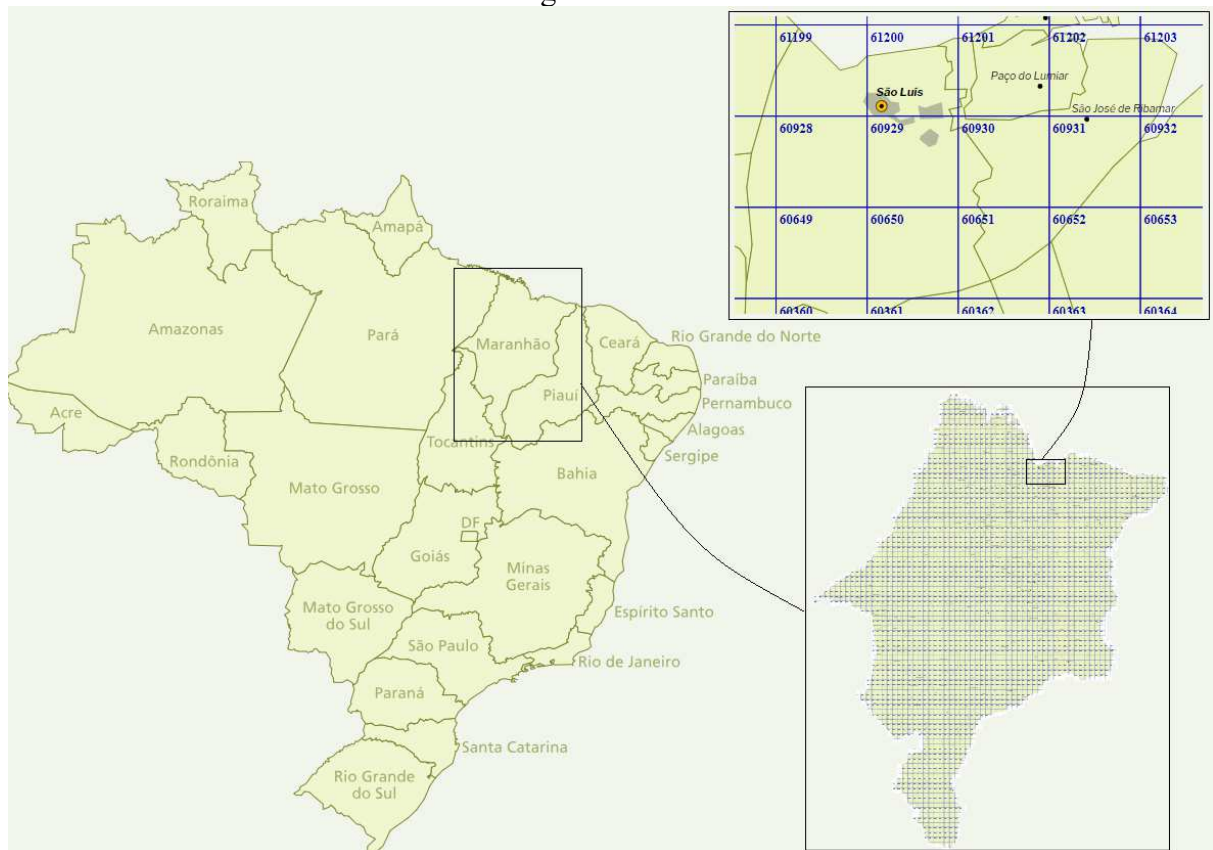
### 2.1 Irradiação Solar

A irradiação solar é a medida da quantidade de energia solar recebida em uma superfície durante um determinado período, sendo sua unidade dada por Wh/m<sup>2</sup> (ABNT 2020).

No Brasil, como dito anteriormente, a sua localização faz com seu território receba um alto índice de incidência solar, esses dados podem ser obtidos através do Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado pelo Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), vinculado ao Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Além de conter informações sobre potencial solar também é uma ferramenta que permite consultas em seu banco de dados disponibilizado em áreas de 10 km<sup>2</sup>, através de tabelas, arquivos georreferenciados, Shapefile (SHP), e projetos para Sistema de Informação Geográfica (SIG), contendo os níveis de irradiação mensais para todas as 5.570 cidades brasileiras (INEP, 2019).

Figura 2 – SHP



Fonte: LABREN adaptada (2024).

Na figura 2 é possível ver a interface da consulta de dados no Atlas Brasileiro de Energia Solar através do formato SHP, bastando apenas localizar no mapa o estado e por último o ID da célula, escrevendo-o no campo de busca para obter os dados.

## **2.2 Sistema Fotovoltaico**

### **2.2.1 Definição**

Um sistema fotovoltaico tem como finalidade gerar energia elétrica utilizando os raios solares como fonte através do efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico pode ser entendido como a transformação de radiação eletromagnética em energia elétrica, ocorrendo quando a radiação interage com um material, gerando e separando cargas ao ser absorvida pelo material (OLIVATI, 2000).

Esse tipo de sistema de geração de energia vem ganhando destaque no Brasil e é de grande importância, pois mantendo operações essenciais, como hospitais, escolas e serviços público em crises energéticas, alcança regiões vulneráveis e afastadas e reduz custos com eletricidade convencional.

### **2.2.2 Investimentos**

De acordo com Ministério de Minas e Energia (MME) (2023), A geração fotovoltaica proveniente de grandes parques solares contabiliza 18 mil usinas solares instaladas no Brasil, com capacidade de produção de 10,3 GW, tendo nos primeiros nove meses de 2023, o maior aumento na capacidade de geração solar, com total de 3 GW, superior ao ano de 2022, que o aumento total foi de 2,5 GW. No entanto, esses acréscimos não incluem a micro e minigeração distribuída, que são os painéis solares instalados em residências, comércios, fábricas ou pequenas plantas conectadas diretamente à rede das concessionárias de distribuição.

Assim torna-se notório o crescimento da utilização de sistemas fotovoltaicos pelo país, ainda mais com os investimentos e incentivo do governo brasileiro, como um exemplo, e ainda de acordo com Ministério de Minas e Energia (2023), o novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) prevê um investimento de R\$ 41,5 bilhões em usinas de energia fotovoltaica, que responderão por 8,5 GW.

## 2.2.3 Principais Componentes do Sistema Fotovoltaico On-Grid

### 2.2.3.1 Módulo Fotovoltaico

Figura 3 – Painel fotovoltaico convencional



Fonte: Reevisa (2021)

Os módulos fotovoltaicos de geração de energia solar, também chamados de painéis solares ou fotovoltaicos, como vista na figura 3, são equipamentos que transformam a energia solar em eletricidade. Compostos por células fotovoltaicas que módulos utilizam o efeito fotovoltaico para produzir uma corrente contínua (CC) quando irradiados pela luz solar.

As principais tecnologias utilizadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si). Estas tecnologias representam mais de 85% do mercado, sendo consideradas consolidadas e confiáveis, além de oferecerem a melhor eficiência (PINHO, GALDINO, 2014, p.50).



### 2.2.3.2 Inversor

Figura 4 – Inversor



Fonte: Autor (2024)

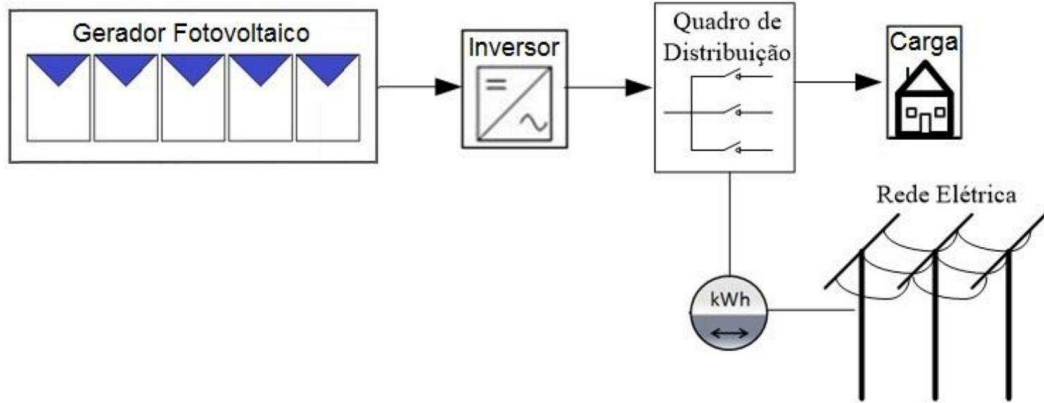
A corrente gerada pelos painéis é CC, no entanto a grande maioria dos eletrodomésticos elétricos de uma residência funcionam a partir de corrente alternada (CA), além disso a rede de distribuição das concessionárias são CA, por isso em um sistema de geração fotovoltaico é extremamente necessário um inversor. Um inversor é um aparelho que faz a conversão da energia elétrica de corrente contínua em corrente alternada.

A eficiência dos inversores varia entre 50% e 90% em condições normais de operação. O dimensionamento feito de acordo com a potência elétrica fornecida, a potência de pico, a tensão de alimentação CC e a faixa de variação admitida (IMHOFF, 2007, p 47).

Os inversores centrais são dispositivos de grande porte, com potência que varia de centenas de kW até MW, utilizados principalmente nas usinas fotovoltaicas. Já os inversores string, sendo monofásicos ou trifásicos, são os mais comuns em instalações residenciais e comerciais, como na figura 4. Os microinversores são aparelhos individuais, criados para serem conectados a cada módulo fotovoltaico de uma instalação, maximizando a produção (TOLMASQUIM, 2016, p 340).

2.2.3.3 Medidor Bidirecional

Figura 5 – Sistema com medidor Bidirecional



Fonte: Pinho e Galdino (2014, p.291)

Quando o SFCR gera excedentes, é automaticamente injetado na rede da concessionária, e para que ocorra o registro dessa quantidade de energia é necessário um medidor bidirecional, como indicado na figura 5. Esse equipamento é capaz de medir a energia elétrica que flui da rede distribuidora para unidade consumidora e vice-versa, mostrando essa informação na conta de energia de cada mês igual demonstrado pela figura 6.

Figura 6 – Energia injetada na rede

DANFE - DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA

**Equatorial Maranhão Distribuidora de Energia S.A.**  
 CNPJ: 06.272.793/0001-84 | Insc. Estadual: 120.515.11-3  
 Alameda A. Qd SQS, nº100, Loteamento Quitandinha,  
 Aílos do Calhau - São Luís - MA CEP: 65.070-900

Classificação: Residencial Pleno	Tipo de Fornecimento: TRIFÁSICO	
Tensão Nominal Disp: 220 V	Lim Mín: 202 V	Lim Max: 231 V
AURELIO JORGE MENDES SOARES INSTALAÇÃO: 2000446778 CPF: ***.462.31*.-** R. URUCUTUIA , 29 , LOTE 29 COND VILA FIORI S N LOTE 29, COND VILA FIORI S/N CEP: 65110-000 ARACAGY - SAO JOSE DE RIBAMAR - MA		
Parceiro de Negócio		1885880
Conta Contrato		3008809282
Conta Mês	Vencimento	Total a Pagar
02/2024	14/02/2024	R\$ 198,99

Data das Leituras: 08/01/2024

NOT DAT Con https chav 212 Prot 06/0

**INFORMAÇÕES PARA O CLIENTE**

- Períodos: Band. Tarif.: Verde : 09/01 - 06/02
- O montante da devolução é resultado da multiplicação do CONSUMO COMPENSADO pela mini/microgeração ( 1509 kWh)
- Demonstrativos de Saldos em kWh referente a Mini e Micro Geração, conforme REN Nº 482/2012.
- Conta contrato geradora : Saldo do Mês Geral Total: 0.00, Saldo Acumul Mês Geral: 0.00.
- Conta contrato geradora 3008809282: Saldo do Mês Geral Total: 0.00, Saldo Acumulado Geral Total: 2051.00 , Saldo Total à Expirar Próximo Mês Geral:

Itens de Fatura	Quant.	Preço Unit.(R\$) com Tributos	Tarifa Unit.(R\$)	PIS/COFINS(R\$)	ICMS (R\$)	Valor(R\$)
Consumo (kWh)	1.609	0,938664	0,718810	51,69	302,06	1.510,31
Energia Ativa Injetada (kWh)	1.509	0,938655	0,718810	48,47-	283,29-	1.416,43-

**ITENS FINANCEIROS**

Cip-Ilum Pub Pref Munic	102,58
Multa	1,86
Correção Monetária	0,24
Juros	0,43

Fonte: Autor (2024)

### 2.2.4 Sistema On-Grid

A configuração On-Grid, é o tipo mais comum de sistema de energia solar para residências, no qual o sistema fotovoltaico está conectado à rede da concessionária de energia elétrica, como mostrado na figura 7. Nesse modelo, durante o dia, os painéis solares podem gerar mais energia do que o consumo instantâneo dos aparelhos elétricos conectados a unidade consumidora, esse excesso é enviado para a rede elétrica, e o proprietário recebe créditos que podem ser usados para serem compensados posteriormente. Nessa configuração a concessionária atua como se armazenasse a energia excedente, não havendo a necessidade de instalar um sistema de armazenamento por baterias, reduzindo o custo do sistema.

Figura 7 – Sistema On-Grid



## On Grid

Fonte: Solled Energia (2024).

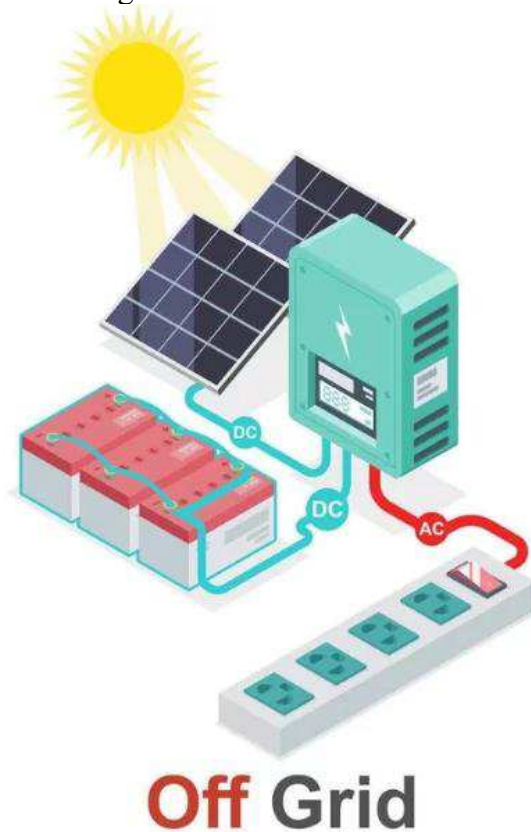
### 2.2.5 Sistema Off-Grid

A configuração Off-Grid é um sistema no qual a residência não está conectada à rede pública, como mostrado na figura 8, tendo que gerar toda a energia necessária. Como a

geração depende diretamente da incidência de luz solar nos módulos fotovoltaicos, a produção se limita ao período da tarde e principalmente ao período da manhã, ainda tendo sua eficiência sujeita a chuvas, ao tempo nublado, entre outros, o que resulta da diminuição de sua eficiência.

Por esses motivos, nessa configuração é necessário a utilização de baterias para armazenar a energia gerada durante o dia para uso à noite ou em períodos de baixa geração. Sendo ideal para áreas remotas onde a conexão à rede elétrica é inviável ou muito cara. No entanto a necessidade de baterias e outros componentes aumenta significativamente o custo sistema.

Figura 8 – Sistema Off-Grid

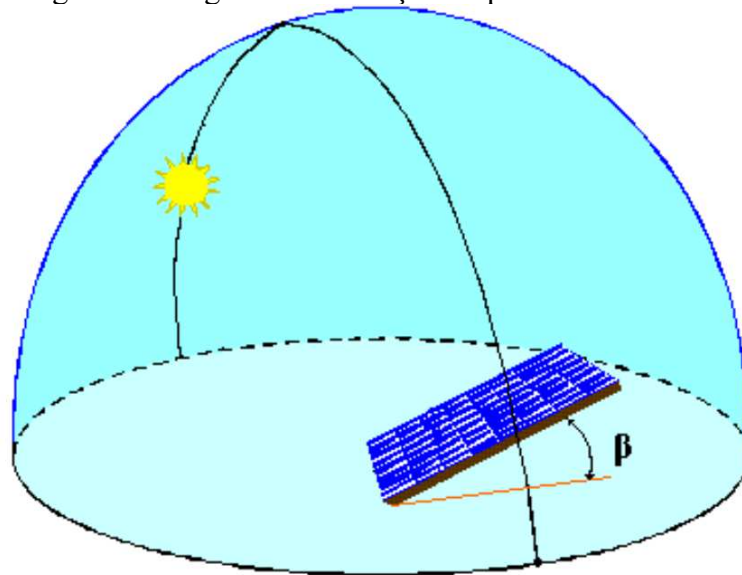


Fonte: Solled Energia (2024).

### 2.2.6 Orientação dos Módulo Fotovoltaico

A inclinação das placas solares em um sistema fotovoltaico é um fator crucial para a eficiência da conversão de energia solar em eletricidade. A inclinação ideal varia principalmente de acordo com a localização geográfica, pois interfere na quantidade de radiação solar que atinge os painéis, sendo uma inclinação ideal a que melhor permita que os painéis recebam a máxima quantidade de radiação solar direta ao longo do ano.

Figura 9 – Ângulo de inclinação do painel fotovoltaico



Fonte: Fonte: Pinho e Galdino (2014, p.366)

Para ter maior aproveitamento da geração de energia ao longo do ano, o ângulo de inclinação, representado por  $\beta$  na figura 9, do módulo fotovoltaico deve corresponder à latitude do local. Por exemplo, em uma latitude de 35 graus, a inclinação ideal seria de 35 graus. Mesmo assim, ainda pode haver pequenas variações na inclinação, pois não resultarão em variações significativas na geração de energia anual.

Sendo assim, a inclinação da placa pode variar dentro de  $10^\circ$  em relação à latitude do local, ou seja, levando em consideração o exemplo anterior, a variação dos módulos poderia ir de  $25^\circ$  até  $45^\circ$  sem perder significativamente a eficiência da geração. Em áreas muito próximas a linha do equador, com latitudes entre  $-10^\circ$  e  $+10^\circ$ , é interessante ter uma inclinação mínima de  $10^\circ$  para que aconteça a limpeza dos geradores fotovoltaicos pela ação das chuvas (PINHO, GALDINO, 2014, p.367).

### 2.3 ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é uma instituição autônoma, com personalidade jurídica de direito público interno, em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, criada para regular o setor elétrico brasileiro, conforme estabelecido pela Lei nº 9.427/1996 e pelo Decreto nº 2.335/1997, tendo início de suas atividades no último mês do mesmo ano do seu Decreto.

De acordo com Ministério de Minas e Energia (2022), a ANEEL tem como principais atribuições:

Regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;

Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;

Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;

Estabelecer tarifas;

Dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores, e

Promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal.

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, de 17 de abril de 2012 permitiu a possibilidade de geração da sua própria energia elétrica utilizando o sistema fotovoltaico e caracterizando a Microgeração e Minigeração Distribuídas de Energia Elétrica (MMGD) e o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) (ANEEL, 2012).

A Agência Nacional de Energia Elétrica foi alterando suas normativas com base na realidade socioeconomia de cada período, com algumas modificações, mas podemos destacar principalmente a alteração nos limites de potência instalada e as modalidades para participação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Para melhor entendimento das explicações a seguir, o termo ‘carga instalada’, é utilizado como limitação para classificação, segundo a RN ANEEL nº1.000, de 7 de dezembro de 2021 (2021, p. 3), carga instalada tem como definição “soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora e em condições de entrar em funcionamento, expressa em kW (quilowatts)”

A microgeração e minigeração distribuída foram inicialmente definidas com o limite de potência instalada menor ou igual a 100 kW, para microgeração, e potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW, para minigeração dada pela redação da RN nº 482 de 17 de abril de 2012. Subsequentemente esses limites foram para potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, para minigeração, e para potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, para microgeração dada pela redação da RN nº 687, de 24 de novembro de 2015. Posteriormente a potência instalada para minigeração distribuída foi

definida superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, dada pela redação da RN nº 786, de 17 de outubro de 2017.

A Resolução Normativa da Agência Nacional De Energia Elétrica vigente na data de criação deste trabalho é a RN ANEEL nº1.059, de 7 de fevereiro de 2023 (2023, p. 3) que mantem a potência instalada menor ou igual a 75 kW para microgeração e altera a minigeração distribuída de seguinte forma:

“...que possua potência instalada em corrente alternada maior que 75 kW e menor ou igual a:

- a) 5 MW para as centrais geradoras de fontes despacháveis;
- b) 3 MW para as demais fontes não enquadradas como centrais geradoras de fontes despacháveis; ou
- c) 5 MW para unidades consumidoras já conectadas em 7 de janeiro de 2022 ou que protocolarem solicitação de orçamento de conexão, nos termos da Seção IX do Capítulo II do Título I, até 7 de janeiro de 2023, independentemente do enquadramento como centrais geradoras de fontes despacháveis.”

Além das alterações da potência instalada, é importante ressaltar as alterações no tempo de expiração dos excedentes de energia gerados, disponíveis para a distribuição para outras unidades consumidoras sob a mesma titularidade e na mesma área de concessão.

De acordo com a redação da Resolução Normativa ANEEL 517, de 11 dezembro de 2012, o crédito da energia excedente injetada no sistema de distribuição pode ser compensação até um prazo de 36 (trinta e seis) meses. Sendo esse prazo alterado posteriormente e estendido para 60 (sessenta) meses (RN ANEEL 687, de 24 de novembro de 2015.), sendo esse último prazo o vigente até a data de criação deste trabalho pela RN ANEEL nº1.059, de 7 de fevereiro de 2023.

A ANEEL divide os consumidores em grupos e subgrupo para melhor aplicação de normas e regulamentações, tem sua divisão em dois grupos principais. De acordo com a RN ANEEL nº1.000, de 7 de dezembro de 2021 (2021, p. 5):

“XXIII - grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com conexão em tensão maior ou igual a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão menor que 2,3 kV, e subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo A1: tensão de conexão maior ou igual a 230 kV;
- b) subgrupo A2: tensão de conexão maior ou igual a 88 kV e menor ou igual a 138 kV;
- c) subgrupo A3: tensão de conexão igual a 69 kV;

d) subgrupo A3a: tensão de conexão maior ou igual a 30 kV e menor ou igual a 44 kV;

e) subgrupo A4: tensão de conexão maior ou igual a 2,3 kV e menor ou igual a 25 kV; e

f) subgrupo AS: tensão de conexão menor que 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição;

XXIV - grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com conexão em tensão menor que 2,3 kV e subdividido nos seguintes subgrupos:

a) subgrupo B1: residencial;

b) subgrupo B2: rural;

c) subgrupo B3: demais classes; e

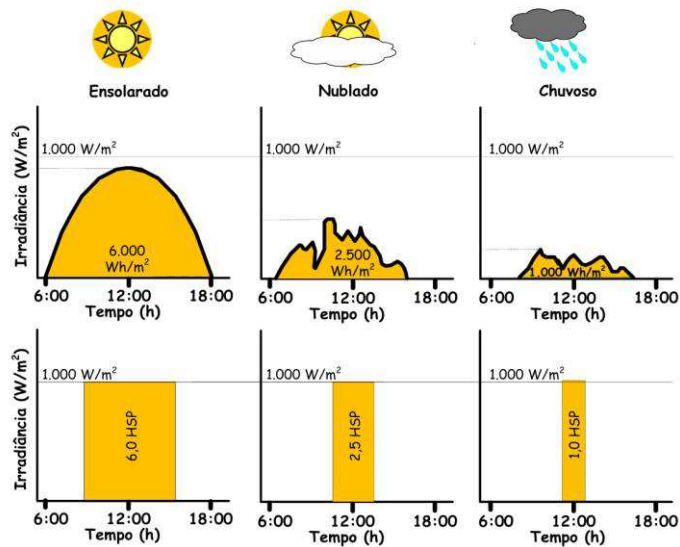
d) subgrupo B4: Iluminação Pública;”

## 2.4 Horas de Sol Pleno

Nas estimativas de produção de energia elétrica é necessário considerar a totalidade da energia elétrica convertida em intervalos horários, para então poder expressar o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia, pois como visto na figura 10, o valor da irradiância solar varia ao longo do dia devido principalmente à influência da atmosfera.

O número de Horas de Sol Pleno (HSP) indica o número de horas em que a irradiância solar deve permanecer constante e igual a  $1.000 \text{ W/m}^2$  de modo que resulte na energia disponibilizada pelo Sol acumulada ao longo de um dado dia (PINHO, GALDINO, 2014, p.367).

Figura 10 – Horas de Sol Pleno



Fonte: Pinho e Galdino (2014, p.301)



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Considerações Iniciais

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho foi baseada em revisão biográfica para direcionar a compreensão da parte teórica. Já a pesquisa em campo foi utilizada para coleta de orçamentos do custo da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede da concessionária, tanto no município de São Luís -MA como no de Barreirinhas -MA.

Para efeito deste trabalho, foi arbitrado uma demanda a ser suprida para realização de orçamentos, e o sistema tendo sua configuração On-Grid. Foi considerado que o telhado, da unidade consumidora, é de Fibrocimento, e está localizado de forma a não ter nenhuma projeção de sombra de vegetação ou edificação, além de ser bem ventilado para melhor proveito do rendimento mínimo dos módulos fotovoltaicos. Estes fatores são importantes pois influenciam no custo e desempenho do sistema.

A inclinação dos módulos considerada é de  $10^{\circ}$  para se obter uma melhor eficiência, já que as duas cidades se encontram muito próximas a Linha do Equador fazendo com que ambas latitudes sejam próximas a  $2^{\circ}$  não tendo um bom aproveitamento da água das chuvas para limpeza caso a inclinação seja igualada.

Levando em consideração as Resoluções Normativas da ANNEL apresentadas nesse trabalho, o sistema fotovoltaico da unidade consumidora é enquadrado como microgeração, com grupo B e subgrupo B1: residencial.

##### 3.1.1 Orçamentos

Foram feitos orçamentos em 4 empresas com sede em São Luís para a implantação do sistema, tanto no município de São Luís como na cidade de Barreirinhas. Em Todos os orçamentos foram considerados telhados de Fibrocimento, contador monofásico e uma demanda mínima de 6000Wp.

Para a localidade de Barreirinhas, todas as empresas levaram em consideração (em seus valores finais) o transporte de todos os equipamentos, a locomoção de toda a equipe necessária para a instalação juntamente com a alimentação e estadia dos mesmos.

As empresas serão citadas neste trabalho como: Empresa 1, Empresa 2, Empresa 3 e Empresa 4, as quais são respectivamente: Sunluz Energia Solar, Energy Solar Engenharia, HCC Energia Solar, e Eletroksa Engenharia e Serviços.

Na data de criação deste trabalho só existe uma empresa especializada na implantação de um SFCR no município de Barreirinhas, a qual forneceu um orçamento que teria o mesmo custo para ambas as cidades. Sendo assim, os dados fornecidos pela mesma não foram utilizados, pois foram considerados uma amostra viciada, que comprometeria a interpretação dos resultados do presente estudo.

Os orçamentos em anexo foram cortados, deixando apenas as páginas que contém informações necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

### 3.2 Cálculo da Potência Pico

Para efeito deste trabalho será estipulada uma demanda energética a ser suprida e o dimensionamento do sistema será baseado na potência pico. De início precisaremos calcular o Consumo Médio para então, com base na irradiação, chegarmos à potência pico necessária.

#### 3.2.1 Consumo Médio Mensal

Para calcularmos o consumo médio mensal (CMM) da unidade consumidora será necessário a soma de todas as potências nominais dos equipamentos elétricos instalados, conforme tabela 1.

$$CMM = \sum PN \quad (1)$$

No qual:

CMM (kWh) – Consumo médio mensal;

PN (kWh) – Consumo médio mensal total de cada equipamento.

Tabela 1 – Consumo de equipamentos elétricos

<b>Aparelhos Elétricos</b>	<b>Dias/Mês</b>	<b>Horas/Dia</b>	<b>Consumo Médio Mensal Total (kWh)</b>
Ar-condicionado tipo split de 10.001 a 15.000 BTU/h	30	8	193,76
Bomba d'água 1/3 cv	30	0,50	6,15
Cafeteira elétrica	30	1	6,56
Churrasqueira elétrica	5	4	76
Chuveiro elétrico - 5500 W	30	0,53	88
Computador	30	8	15,12
Ferro elétrico automático a seco - 1050 W	12	1	2,4
Forno elétrico	30	1	15
Forno micro-ondas - 25 L	30	0,33	13,98
Geladeira 1 porta	30	24	25,2
Impressora	30	1	0,45
12x Lâmpada incandescente - 100 W	30	5	180
Lavadora de roupas	12	1	1,76
Liquidificador	15	0,25	0,8
Modem de internet	30	8	1,92
Notebook	30	8	4,8
Roteador	30	8	1,44
Telefone sem fio	30	24	2,16
2x TV em cores - 42" (LED)	30	5	60,9
2x Ventilador de mesa	30	8	34,56

Fonte: PROCEL adaptado (2024).

### 3.2.2 Consumo Médio Diário

Após encontrar o consumo médio mensal, devemos estimar o consumo médio diário (CMD) com a seguinte fórmula:

$$CMD = \frac{CMM}{30 \text{ dias}} \quad (2)$$

Na qual:

CMD (Wh) – Consumo médio diário;

CMM (Wh) – Consumo médio mensal.

### 3.2.3 Média Anual da Irradiação Global

Para diferenciar a irradiação nas duas cidades e analisarmos de forma mais sucinta a influência da mesma, iremos nos basear nos dados de Irradiação Global Horizontal fornecidos pelo LABREN.

Havendo diferença de Irradiação entre as cidades, faz com que seja necessário calcular a média anual da irradiação global de cada lugar, com base nos dados apresentados pela tabela 2. Para chegar ao resultado, será utilizado a equação:

$$MI_G = \frac{\sum I_G}{n_m} \quad (3)$$

Na qual:

$MI_G$  (Wh/m<sup>2</sup>.dia) – Média anual da irradiação global;

$I_G$  (Wh/m<sup>2</sup>.dia) – Irradiação global de cada mês;

$n_m$  – Número de meses.

Tabela 2 – Irradiação Global

(Wh/m <sup>2</sup> .dia)	São Luís	Barreirinhas
<b>ID</b>	61200	60375
<b>Janeiro</b>	4958	5139
<b>Fevereiro</b>	4989	5099
<b>Março</b>	4787	4914
<b>Abril</b>	4648	4750
<b>Mai</b>	4687	4897
<b>Junho</b>	4844	4969
<b>Julho</b>	5078	5207
<b>Agosto</b>	5659	5958
<b>Setembro</b>	5999	6346
<b>Outubro</b>	5741	6127
<b>Novembro</b>	5635	6008
<b>Dezembro</b>	5480	5648
<b>Média Anual</b>	5209	5422

Fonte: LABREN (2023)

### 3.2.4 Horas de Sol Pleno

Para calcular a média anual da HSP de cada localidade utilizaremos a equação, baseada em Pinho e Galdino (2014, p. 300):

$$HSP = \frac{MI_G}{1000 W/m^2} \quad (4)$$

No qual:

HSP (h/dia) – Horas de sol pleno;

MI<sub>G</sub> (Wh/m<sup>2</sup>.dia) – Média Anual da Irradiação Global.

### 3.2.5 Potência Pico

Por fim, para obtermos a potência pico ( $P_p$ ) necessária, utilizaremos a seguinte equação, baseada em Pinho e Galdino (2014, p. 329):

$$P_p = \frac{\frac{CMD}{T_d}}{HSP} \quad (5)$$

Na qual:

$P_p$  (W<sub>p</sub>) – Potência pico necessária;

CMD (Wh) – Consumo médio diário;

$T_d$  (adimensional) – Rendimento mínimo do módulo fotovoltaico;

HSP (h) – Horas de sol pleno.

O rendimento mínimo do módulo fotovoltaico representa o desempenho do módulo fotovoltaico. Esta taxa é a relação entre o desempenho real e o desempenho teórico máximo possível. Para sistemas residenciais, como o do presente estudo, que são bem ventilados e não sombreado, foi escolhido o valor de 80% (PINHO, GALDINO, 2014, p.329).

### 3.3 Custo Total Baseado No Valor Por Watt-Pico

Dentre os orçamentos coletados para a realização deste trabalho, cada empresa forneceu uma potência pico diferente, isso se deu pela ampla quantidade de modelos de painéis fotovoltaicos do mercado, e conseqüentemente diferentes especificações. Sendo assim, para termos uma análise mais próxima do real será calculado o custo total do sistema baseado no valor por watt-pico de cada município.

### 3.3.1 Média dos Valores de Implantação

Analisando os orçamentos, podemos obter uma média dos custos totais de implantação, para isso, iremos utilizar os valores totais orçados nas 4 empresas, de acordo com a localidade. Para melhor visualização, os dados são apresentados pela tabela 3:

Tabela 3 – Orçamentos de cada empresa.

<b>Empresas</b>	<b>Orçamento Para São Luís</b>	<b>Orçamento Para Barreirinhas</b>
Empresa 1	R\$ 17.868,88	R\$ 18.839,39
Empresa 2	R\$ 16.990,00	R\$ 20.900,00
Empresa 3	R\$ 21.622,04	R\$ 22.018,48
Empresa 4	R\$ 16.845,02	R\$ 17.645,02

Fonte: Autor (2024).

A equação utilizada para este cálculo será:

$$M_{vi} = \frac{\sum \text{Orçamentos}}{n_o} \quad (6)$$

Na qual:

$M_{vi}$  (R\$) – Média dos valores de implantação;

Orçamentos (R\$) – Valores de cada empresa de acordo com o município;

$n_o$  – Numero de orçamentos realizados.

### 3.3.2 Média dos Valores de Potência Pico

O cálculo da média dos valores de potência pico, pode ser obtido através das informações contidas na tabela 4, que contém a potência pico orçada em cada empresa:

Tabela 4 – Potência pico de cada empresa

<b>Empresas</b>	<b>Potência Pico</b>
Empresa 1	6600 Wp
Empresa 2	6840 Wp
Empresa 3	6100 Wp
Empresa 4	6200 Wp

Fonte: Autor (2024).

A formula utilizada para este cálculo será:

$$M_{pp} = \frac{\sum Potência Pico}{n_o} \quad (7)$$

Na qual:

$M_{pp}$  (Wp) – Média Dos Valores da Potência Pico;

Orçamentos (Wp) – Valores de potência pico de cada empresa;

$n_o$  – Numero de Orçamentos realizados.

### 3.3.3 Média do Valor Por Watt-Pico Por Município

Parar obtermos o valor final por watt-pico de cada município precisaremos calcular o valor médio do watt-pico pela seguinte equação:

$$V_{Wp} = \frac{M_{vi}}{M_{pp}} \quad (8)$$

Na qual:

$V_{Wp}$  (R\$/Wp) – Valor médio do watt-pico para cada município;

$M_{vi}$  (R\$) – Média dos valores de implantação;

$M_{pp}$  (Wp) – Média dos valores de potência pico.

### 3.3.4 Valor Final Por Watt-Pico de Cada Município

Por fim, podemos avaliar o custo médio total do sistema em cada município nos baseados no valor por watt-pico, utilizando a formula:

$$CT_{Wp} = V_{Wp} * P_p \quad (9)$$

Na qual:

$CT_{Wp}$  (R\$) – Custo total do sistema baseado no valor por watt-pico;

$V_{Wp}$  (R\$/Wp) – Valor médio do watt-pico para cada município;

$P_p$  (Wp) – Potência pico necessária.

### 3.4 Diferença do Valor Entre As Cidades

De acordo com os dados da tabela 3, podemos analisar a diferença dos valores do custo da implantação entre os municípios. Dessa forma podemos obter o acréscimo do valor relacionado ao frete, deslocamento da equipe de implantação, assim como a alimentação e estadia dos mesmos, para o município de Barreirinhas em comparação a São Luís.

Utilizando essa mesma análise para todas as empresas podemos obter o preço médio desses acréscimos e então chegar a uma média do valor acrescido.

### 3.5 Custo Total Baseado No Valor Médio De Cada Placa

Observando os modelos dos equipamentos especificados nos orçamentos, podemos perceber a não conformidade quanto a quantidade de módulos, assim como suas diferentes especificações de potência. Por esse motivo, também estimaremos um valor para o sistema de cada município nos baseando no valor médio de cada módulo fotovoltaico.

#### 3.5.1 Média Das Potências Das Placas

Para definirmos uma média do preço médio do valor de cada placa iremos nos basear na média dos valores da potência de cada modelo de placa que as empresas forneceram em seus orçamentos. Esses dados são apresentados pela tabela 5.



Tabela 5 – Potência das placas de cada empresa

<b>Empresas</b>	<b>Potência das Placas</b>
Empresa 1	550 Wp
Empresa 2	570 Wp
Empresa 3	555 Wp
Empresa 4	620 Wp

Fonte: Autor (2024).

A formula utilizada para este cálculo será:

$$MP_p = \frac{\sum \text{Potência da Placa}}{n_o} \quad (10)$$

No qual:

MP<sub>p</sub> (Wp) – Média Dos Valores da Potência da Placas;

Potência da Placa (Wp) – Valores de Potência da Placa de Cada Empresa;

n<sub>o</sub> – Numero de Orçamentos realizados.

### 3.5.2 Quantidade de Placas

Tendo a média da potência das placas e utilizando a potência pico necessária para atender a demanda energética (a qual foi calculada utilizando os dados de irradiação de cada município), podemos calcular a quantidade de placas necessárias. Esse valor pode ser alcançado através da seguinte formula:

$$N_p = \frac{P_p}{MP_p} \quad (11)$$

Na qual:

N<sub>p</sub> – Quantidade de placas;

P<sub>p</sub> (Wp) – Potência pico necessária;

MP<sub>p</sub> (Wp) – Média dos valores da potência das placas.

### 3.5.3 Preço Médio de cada Placa

Com a quantidade de placas necessárias para atender a demanda energética (calculada em watt-pico), é possível calcular a média do preço de cada placa.

No entanto, por ter uma diferença de quantidade de placas em cada orçamento, primeiro precisamos calcular o preço médio da placa de cada empresa para então depois obter a média do preço de cada placa.

Para isso iremos utilizar as informações disponibilizadas na tabela 3 e o número de placas de cada empresa, o qual está representado na tabela 6.

Tabela 6 – Número de placas de cada empresa

Empresas	Número de Placas
Empresa 1	12
Empresa 2	12
Empresa 3	11
Empresa 4	10

Fonte: Autor (2024).

Para calcular o preço médio por da placa de cada empresa iremos utilizar a seguinte formula:

$$P_{MP} = \frac{Orçamentos}{n_p} \quad (12)$$

Na qual:

$P_{MP}$  (R\$) – Preço médio por placa de cada empresa;

Orçamentos (R\$) – Valores de cada empresa de acordo com o município;

$n_p$  – Número de placas de cada empresa.

Com o preço médio por placa de cada empresa encontrado, podemos calcular a média do preço por placa. Utilizaremos a seguinte formula:

$$MP_{MP} = \frac{\sum P_{MP}}{n_o} \quad (13)$$

Na qual:

$MP_{MP}$  (R\$) – Preço médio de cada placa;

$P_{MP}$  (R\$) – Preço médio por placa de cada empresa;

$n_0$  – Numero de orçamentos realizados.

#### 3.5.4 Estimativa do Valor do Sistema

Por fim, é possível estimar o valor do sistema de cada município nos baseando no valor médio de cada placa e na quantidade de placas necessárias para atender a demanda energética. Essa estimativa pode ser alcançada através da seguinte equação:

$$E_{VS} = MP_{MP} * N_p \quad (14)$$

Na qual:

$E_{vs}$  (R\$) – Estimativa do valor do sistema;

$MP_{MP}$  (R\$) – Preço médio de cada placa;

$N_p$  – Quantidade de placas.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Desenvolvendo o Cálculo da Potência Pico

#### 4.1.1 Cálculo do Consumo Médio Mensal

De acordo com a equação 1, e utilizando os dados da tabela 1, temos:

$$CMM = 193,76 + 6,15 + 6,56 + 76 + 88 + 15,12 + 2,4 + 15 + 13,98 + 25,2 + 0,45 \\ + 180 + 1,76 + 0,8 + 1,92 + 4,8 + 1,44 + 2,16 + 60,9 + 34,56 = 730,96 \text{ kWh}$$

Podemos concluir que o consumo médio mensal da unidade consumidora com os aparelhos apresentados na tabela 1 é de 730,96 kWh.

#### 4.1.2 Cálculo do Consumo Médio Diário

De acordo com a equação 2, e utilizando o resultado da equação 1, temos:

$$CMD = \frac{730,96}{30} = 24,36 \text{ kWh ou } 24365,33 \text{ Wh}$$

Podemos concluir que o consumo médio diário da residência é de 24,36 kWh.

#### 4.1.3 Cálculo da Média Anual da Irradiação Global

Conforme a equação 3 e utilizando os dados da tabela 2, temos:

Para o município de São Luís:

$$\frac{4958 + 4989 + 4787 + 4648 + 4687 + 4844 + 5078 + 5659 + 5999 + 5741 + 5635 + 5480}{12} \\ = 5208,75 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia ou } 5208750 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{dia}$$

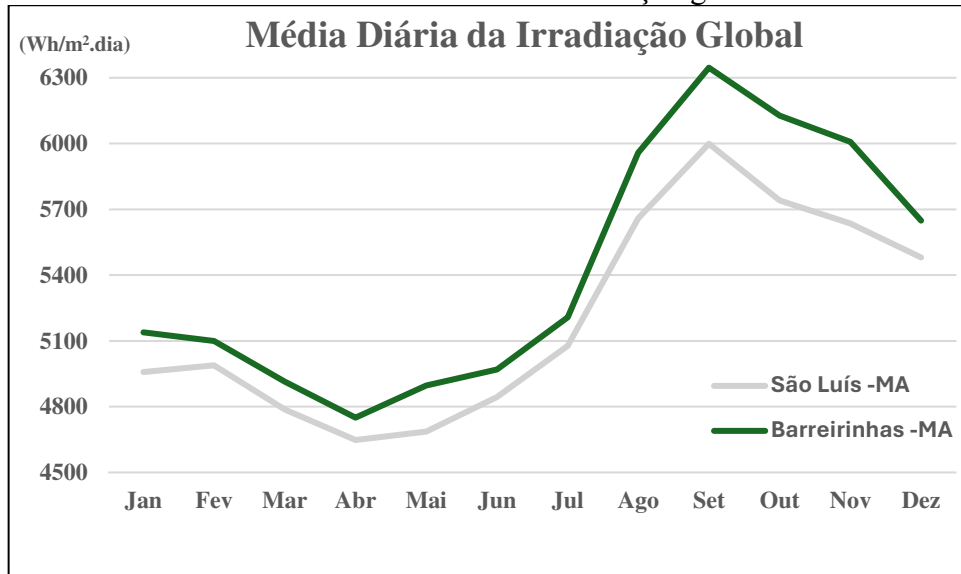
Para o município de Barreirinhas:

$$\frac{5139 + 5099 + 4914 + 4750 + 4897 + 4969 + 5207 + 5958 + 6346 + 6127 + 6008 + 5648}{12} \\ = 5421,83 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia ou } 5421833,33 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{dia}$$

Podemos concluir que o cálculo da média anual da irradiação global para o município de São Luís e Barreirinhas são respectivamente 5208,75 kWh/m<sup>2</sup>.dia e 5421,83 kWh/m<sup>2</sup>.dia.

Conforme apresentado no gráfico 1, que foi gerado a partir dos dados da tabela 2 é possível observar que há uma diferença de Irradiação Global Horizontal significativa entre os municípios, tendo uma maior incidência no município Barreirinhas quando comparado a cidade de São Luís.

Gráfico 1 – Médias do total diário da irradiação global horizontal



Fonte: LABREN adaptada (2024).

#### 4.1.4 Cálculo das Horas de Sol Pleno

De acordo com a equação 4 e utilizando os resultados da equação 3, temos:

Para o município de São Luís:

$$HSP = \frac{5208,75}{1000} = 5,2h$$

Para o município de Barreirinhas:

$$HSP = \frac{5421,83}{1000} = 5,4h$$

Podemos concluir que a média anual da HSP do município de São Luís e de Barreirinhas são respectivamente 5,2h e 5,4h.

#### 4.1.5 Cálculo da Potência Pico

De acordo com a equação 5 e utilizando os resultados da equação 4 e equação 2, temos:

Para o município de São Luís:

$$P_p = \frac{\frac{24,36}{0,8}}{5,2} = 5,84kWp \text{ ou } 5847,21Wp$$

Para o município de Barreirinhas:

$$P_p = \frac{\frac{24,36}{0,8}}{5,4} = 5,61kWp \text{ ou } 5617,41Wp$$

A demanda energética a ser supridas na cidade de São Luís e de Barreirinhas são respectivamente 5847,21Wp e 5617,41Wp. Dessa forma percebemos que a incidência solar influencia na implantação do sistema fotovoltaico, já que esses valores foram obtidos com base nas mesmas potencias nominais dos equipamentos apresentado na tabela 1.

## 4.2 Cálculo do Custo Total Baseado No Valor Por Watt-Pico

### 4.2.1 Cálculo da Média dos Valores de Implantação

De acordo com a equação 6 e utilizando os dados da tabela 3 temos:

Para São Luís:

$$\frac{17.868,88 + 16.990,00 + 21.622,04 + 16.845,02}{4} = R\$ 18.331,49$$

Para Barreirinhas:

$$\frac{18.839,39 + 20.900,00 + 22.018,48 + 17.645,02}{4} = R\$ 19.850,72$$

Podemos concluir que a média dos valores de implantação na cidade de São Luís e de Barreirinhas são respectivamente R\$18.331,49 e R\$19.850,72.

#### 4.2.2 Cálculo da Média dos Valores de Potência Pico

De acordo com a equação 7, e utilizando os dados da tabela 4, temos:

$$\frac{6600 + 6840 + 6100 + 6200}{4} = 6435 \text{ Wp}$$

Podemos concluir que a média dos valores de potência pico é de 6435 Wp.

#### 4.2.3 Cálculo da Média do Valor Por Watt-Pico Por Município

De acordo com a equação 8, e utilizando os resultados da equação 6 e equação 7, temos:

Para São Luís:

$$\frac{18.331,49}{6435} = R\$2,84/Wp \text{ ou } R\$2.848,72/kWp$$

Para Barreirinhas:

$$\frac{19.850,72}{6435} = R\$3,08/Wp \text{ ou } R\$3.084,81/kWp$$

Podemos concluir que a média do valor por watt-pico na cidade de São Luís e de Barreirinhas são respectivamente R\$2.848,72/kWp e R\$3.084,81/kWp.

#### 4.2.4 Cálculo do Valor Por Watt-Pico de cada Município

De acordo com a equação 9, e utilizando os dados da equação 8 e da equação 5, temos:

Para São Luís:

$$2,84 * 5846,932 = R\$16.657,04$$

Para Barreirinhas:

$$3,08 * 5617,238 = R\$17.328,62$$

Podemos concluir que o custo baseado no valor por watt-pico na cidade de São Luís e de Barreirinhas são respectivamente R\$16.656,04 e R\$17.328,62.

Através desta análise, observamos que é a implantação em São Luís é 4% mais barata do que em Barreirinhas e que apesar da HSP, e conseqüentemente, e da irradiação serem maiores no segundo município, ainda não são fatores decisivos para um menor custo de implantação no interior analisado.

No entanto é valido ressaltar que ao dimensionar um sistema fotovoltaico, ele dificilmente terá sua produção igual a demanda energética, fazendo com o preço pela potência pico unitária por si só não seja um fator decisivo para calcular o valor final de um sistema fotovoltaico conectado à rede da concessionária.

Analisando apenas a incidência solar, podemos igualar o valor unitário do Watt-Pico para cada região, dessa forma não levando em consideração os valores de frete, estadia e alimentação que crescem para o município de Barreirinhas.

Dessa forma, ainda de acordo com a equação 9, e utilizando apenas os dados da equação 5, teríamos:

Para São Luís:

$$1 * 5846,932 = R\$5846,932$$

Para Barreirinhas:

$$1 * 5617,238 = R\$5617,238$$

Resultando em uma diferença de custo da implantação em São Luís, aproximadamente, 4% mais caro de que Barreirinhas.

### 4.3 Cálculo da Diferença do Custo Entre as Cidades

De acordo com os dados da tabela 3, temos:

Para Empresa 1:

$$R\$ 18.839,39 - R\$ 17.868,88 = R\$ 970,51$$

Para Empresa 2:

$$R\$ 20.900,00 - R\$ 16.990,00 = R\$ 3.910,00$$

Para Empresa 3:



$$R\$ 22.018,48 - R\$ 21.622,04 = R\$ 396,44$$

Para Empresa 4:

$$R\$ 17.645,02 - R\$ 16.845,02 = R\$ 800,00$$

Para obtermos a média:

$$\frac{970,51 + 3.910,00 + 396,44 + 800,00}{4} = R\$ 1.519,24$$

Através desta análise, observamos que o valor relacionado ao frete, deslocamento da equipe de implantação, assim como a alimentação e estadia dos mesmos, para o município de Barreirinhas tem um acréscimo médio de R\$1.519,24

Ao analisarmos os valores obtidos pela equação 6 juntamente ao valor de acréscimo, temos:

$$\begin{aligned} R\$ 18.331,49 &- 100\% \\ R\$ 1.519,24 &- x \\ x &= \frac{1.519,24 * 100}{18.331,49} \approx 8\% \end{aligned}$$

Podemos concluir que o valor relacionado ao frete, deslocamento da equipe de implantação, assim como a alimentação e estadia dos mesmos, para o município de Barreirinhas tem um acréscimo médio de aproximadamente 8%

#### 4.4 Cálculo do Custo Total Baseado no Valor Médio de Cada Placa

##### 4.4.1 Cálculo Da Média Das Potências Das Placas

De acordo com a equação 10, e utilizando os dados da tabela 5, temos:

$$\frac{550 + 570 + 555 + 620}{4} = 573,75 \text{ Wp}$$

Podemos concluir que a média das potências das placas é de 573,75Wp

#### 4.4.2 Cálculo Da Quantidade De Placas

De acordo com a equação 11, e utilizando os resultados da equação 10 e equação 5, temos:

Para o município de São Luís:

$$\frac{5847,21}{573,75} = 10,19 \rightarrow 11 \text{ placas}$$

Para o município de Barreirinhas:

$$\frac{5617,41}{573,75} = 9,79 \rightarrow 10 \text{ placas}$$

Podemos concluir que a quantidade de placas necessárias na cidade de São Luís e de Barreirinhas são respectivamente 11 placas e 10 placas.

#### 4.4.3 Cálculo da Média do Preço Médio de Cada Placa

De acordo com a equação 12, e utilizando os dados da tabela 6 e tabela 3, temos o preço médio da placa de cada empresa lavando em consideração as duas localidades:

Para o município de São Luís:

$$\text{empresa 1} \rightarrow \frac{17.868,88}{12} = R\$1.489,07$$

$$\text{empresa 2} \rightarrow \frac{16.990,00}{12} = R\$1.415,83$$

$$\text{empresa 3} \rightarrow \frac{21.622,04}{11} = R\$1.965,64$$

$$\text{empresa 4} \rightarrow \frac{16.845,02}{10} = R\$1.684,50$$

Para o município de Barreirinhas:

$$\text{empresa 1} \rightarrow \frac{18.839,39}{12} = R\$1.569,95$$

$$\text{empresa 2} \rightarrow \frac{20.900,00}{12} = R\$1.741,67$$

$$\text{empresa 3} \rightarrow \frac{22.018,48}{11} = R\$2.001,68$$

$$\text{empresa 4} \rightarrow \frac{17.645,02}{10} = R\$1.764,50$$

Para uma melhor visualização dos resultados podemos observar a tabela 7:

Tabela 7 – Preço médio da placa de cada empresa

<b>Empresas</b>	<b>São Luís</b>	<b>Barreirinhas</b>
Empresa 1	R\$ 1.489,07	R\$ 1.569,95
Empresa 2	R\$ 1.415,83	R\$ 1.741,67
Empresa 3	R\$ 1.965,64	R\$ 2.001,68
Empresa 4	R\$ 1.684,50	R\$ 1.764,50

Fonte: Autor (2024).

De acordo com a equação 13, e utilizando os dados da tabela 7, temos a média do preço médio da placa para cada localidade:

Para o município de São Luís:

$$1.489,07 + 1.415,83 + 1.965,64 + 1.684,50 = R\$ 1.638,76$$

Para o município de Barreirinhas:

$$1.569,95 + 1.741,67 + 2.001,68 + 1.764,50 = R\$ 1.769,45$$

Podemos concluir que a média do preço médio da placa na cidade de São Luís e de Barreirinhas são respectivamente R\$1.638,76 e R\$1.769,45.

#### 4.4.4 Cálculo da Estimativa do Valor do Sistema

De acordo com a equação 14, e utilizando os resultados da equação 13 e equação 11, temos:

Para o município de São Luís:

$$11 * 1.638,76 = R\$18.026,38$$

Para o município de Barreirinhas:

$$10 * 1.769,45 = R\$17.694,50$$

Podemos concluir que a estimativa do valor do sistema na cidade de São Luís e de Barreirinhas são respectivamente R\$18.026,38 e R\$17.694,50.

Através desta análise, observamos que é a implantação em São Luís é 1,84% mais cara do que em Barreirinhas, no entanto esse resultado se deu nesse caso em específico no qual o primeiro município utiliza uma placa a menos.

Esse cenário pode ser facilmente alterado tendo uma demanda energética diferente ou utilizando módulos com potência diferente da utilizada neste exemplo. Sendo mais provável termos uma mesma quantidade de placas mesmo com diferença de incidência solar nos dois municípios analisados

Caso as quantidades de placas fossem iguais, e ainda de acordo com a equação 14 e utilizando os resultados da equação 13, teríamos:

Para o município de São Luís:

$$11 * 1.638,76 = R\$18.026,38$$

Para o município de Barreirinhas:

$$11 * 1.769,45 = R\$ 19.463,94$$

Resultando em um custo de implantação em São Luís, aproximadamente, 8% mais barato do que em Barreirinhas.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram feitas análises através de orçamentos para a implantação de um mesmo sistema fotovoltaico On-Grid em uma residência no município de São Luís -MA e de Barreirinhas -MA. A comparação da implantação de um mesmo SFCR entre dois municípios diferentes torna-se desafiador pela ampla gama de parâmetros que influenciam no resultado. Alguns exemplos que podem ser citados são: a grande quantidade de modelos de equipamentos disponíveis no mercado, a irradiação solar que se diferencia em cada região e os orçamentos que não são disponibilizados de forma destrinchada.

Em todas as empresas orçadas para este trabalho a cidade de São Luís teve um valor menor de aproximadamente 8% para a implantação de um sistema fotovoltaico quando comparado a Barreirinhas. A diferença nos valores dos orçamentos para a implantação do SFCR nos dois municípios se deu pelo acréscimo do frete, deslocamento da equipe de implantação, alimentação e estadia dos mesmos para o município de Barreirinhas em comparação a São Luís, favorecendo a capital.

Analisando o custo total de implantação do sistema fotovoltaico baseado no valor por watt-pico observamos que em São Luís é 4% mais barato do que em Barreirinhas e que apesar das HSP serem maiores no segundo município ainda não é um fator decisivo para um menor custo de implantação.

Com os resultados desse trabalho foi possível averiguar que ao compararmos o custo de implantação do sistema fotovoltaico levando em consideração apenas a diferença da irradiação nas duas localidades, o município de Barreirinhas terá vantagem quando comparado a São Luís.

Analisando o custo total de implantação do sistema fotovoltaico com base no valor médio de cada placa, observou-se que a cidade de São Luís teve um custo de implantação aproximadamente 8% inferior ao de Barreirinhas. Em uma análise adicional, considerando a hipótese de Barreirinhas ter um módulo fotovoltaico a menos (mantendo o sistema capaz de atender a demanda energética), a capital teria um custo de implantação superior de aproximadamente 2%. Esse cenário exemplifica uma situação favorável a Barreirinhas, embora seja improvável de acontecer.

Por fim, concluiu-se que a implantação de um mesmo sistema fotovoltaico On-Grid é mais vantajosa em São Luís -MA quando comparada a Barreirinhas -MA, pelos custos

adicionais. No entanto, é possível que, no futuro, com o desenvolvimento da mão de obra qualificada e o aumento da demanda em Barreirinhas, os custos de deslocamento associados à execução do SFCR sejam minimizados, tornando a incidência solar o fator decisivo que tornará mais viável a implantação na cidade em questão do que na capital.

## REFERÊNCIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2002. 2ª Edição. [s.l.]. Disponível em [https://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](https://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf). Acesso em: 30 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL N° 1.059, DE 7 DE FEVEREIRO DE 2023**. Disponível em <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.pdf>. Acessado em fevereiro de 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012**. [s.l.], 2012. Disponível em <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL N° 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021**. Disponível em <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/atren20211000.pdf>. Acessado em julho de 2024.

Anuário Estatístico de Energia Elétrica. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 ano base 2020**. 2021. Disponível em [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf). Acessado em fevereiro 26 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10899: Energia solar fotovoltaica — Terminologia**. [s.l.], 2020.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA – CONFAZ. **CONVÊNIO ICMS 16, DE 22 DE ABRIL DE 2015**. 22 de abril de 2015. Disponível em [https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/CV016\\_15](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/CV016_15). Acessado em 26 fev. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Novo sistema facilita consulta sobre potencial de energia solar**. São José dos Campos, SP: INEP, 17 abr, 2019. Disponível em [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=5087](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5087). Acesso em: 28 jun. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026**. [s.l.]: [s.n.], 2024.

JOHNINSON IMHOFF, **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. [s.l.], 2012. Disponível em <https://www.gov.br/aneel/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/a-aneel>. Acesso em: 29 jun. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023** Disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023#:~:text=As%20usinas%20de%20energia%20fotovoltaicas,22%20bilh%C3%B5es%2C%20com%20120%20projetos>. Acessado em julho de 2024.

OLIVATI, C. A. **EFEITO FOTOVOLTAICO E FOTOCONDUTIVIDADE EM DISPOSTIVOS POLIMÉRICOS**, Dissertação de Mestrado, Universidade De São Paulo, 2000.

Oliveira, J. R. H. de. (2023). **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 9(3), 1945–1954.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.

Procel Info. **Dicas de Economia de Energia**. 2006. [s.l.]. Disponível em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>. Acessado em julho de 2024.

Solled Energia. **ENERGIA SOLAR - SISTEMA OFF GRID: ENERGIA SUSTENTÁVEL E AUTOSSUFICIENTE**. 2024. Disponível em <https://www.solledenergia.com.br/sistema-off-grid/>. Acessado em julho de 2024.

Tessmer, H. (2013). **UMA SÍNTESE HISTÓRICA DA EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PELO HOMEM**. Revista Liberato, 3(3).

TOLMASQUIM, M. T. **Energia renovável**. Hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016.



## ANEXO A – ORÇAMENTO EMPRESA 1 SÃO LUÍS

PROPOSTA  
COMERCIAL

Geovane Fontenele Luz  
CREA-MA: 1117452042MA  
Responsável Técnico

Miguel Valencise

Rafael Rios  
9892687664  
contato@sunluz.com.br

## APRESENTAÇÃO DO PROJETO

A SUNLUZ ENERGIA SOLAR tem o prazer de apresentar a proposta que se segue para desenvolvimento do projeto, aquisição de materiais e a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica:

### LOCAL DE INSTALAÇÃO

Tipo do Telhado Cidade Consumo médio	Fibrocimento São Luís 750,00
--	------------------------------------

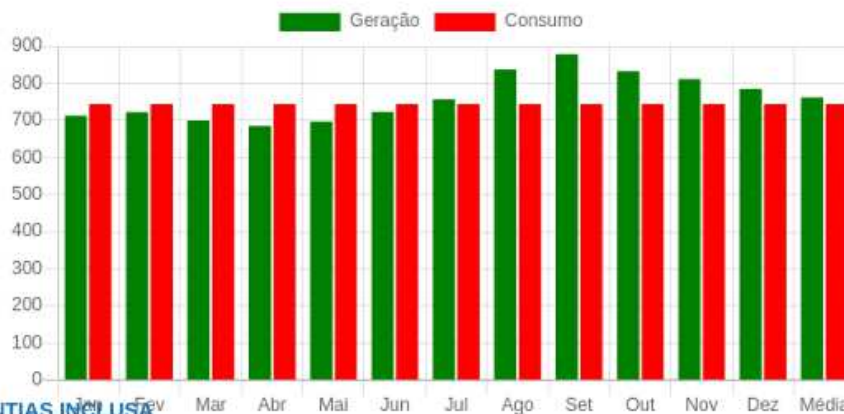
### DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

O sistema foi dimensionado baseando-se em análise das imagens por satélite e adotando-se como premissa que a área disponível é adequada para a instalação.



### PRICIPAIS EQUIPAMENTOS

ITEM	MODELO	QUANTIDADE
Módulos fotovoltaicos	RUNERGY BIFACIAL 550W P-TYPE (GARANTIA DE 12 ANOS) - (TIER 1 - PVEL) - À VISTA ou 12X SEM JUROS	12
Inversor(es)	INVERSOR HUAWEI -4KTL-L1 -4KW	1



### GARANTIAS INCLUSA

SUNLUZ	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	INVERSORES
INSTALAÇÃO	EQUIPAMENTO 12 ANOS PERFORMANCE 25 ANOS	STRING 10 ANOS MICROINVERSOR 15 ANOS

OBS: Após 1 ano de instalação, a garantia dos equipamentos é de responsabilidade dos fabricantes.

## CRONOGRAMA DO PROCESSO



\* Em caso de necessidade de obra de melhoria de rede elétrica apontada pela concessionária de energia para a homologação do sistema, considerar D+120 dias

## CONDIÇÕES COMERCIAIS

**VALOR DO INVESTIMENTO**

R\$ 17.868,88



## OUTRAS OPÇÕES E SIULAÇÕES

	ENTRADA	PRESTAÇÃO
FINANCIAMENTO*	R\$ 0,00	-X R\$ -
CARTÃO DE CRÉDITO	R\$ 0,00	Em até 21x Consultar condições
A VISTA	R\$ 0,00	A NEGOCIAR

\* Os valores e taxas de juros podem variar de acordo com o CPF ou CNPJ.

## ANEXO B – ORÇAMENTO EMPRESA 1 BARREIRINHAS



# PROPOSTA COMERCIAL



Geovane Fontenele Luz  
CREA-MA: 1117452042MA  
Responsável Técnico

Miguel Valencise

Rafael Rios  
9892687664  
contato@sunluz.com.br

## APRESENTAÇÃO DO PROJETO

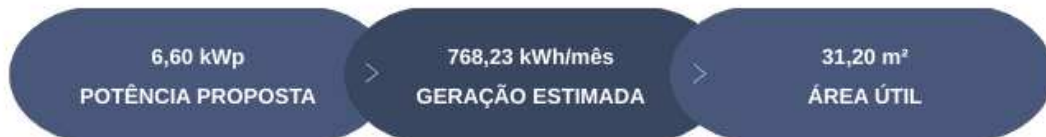
A SUNLUZ ENERGIA SOLAR tem o prazer de apresentar a proposta que se segue para desenvolvimento do projeto, aquisição de materiais e a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica:

### LOCAL DE INSTALAÇÃO

Tipo do Telhado Cidade Consumo médio	Fibrocimento São Luís 750,00
--	------------------------------------

### DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

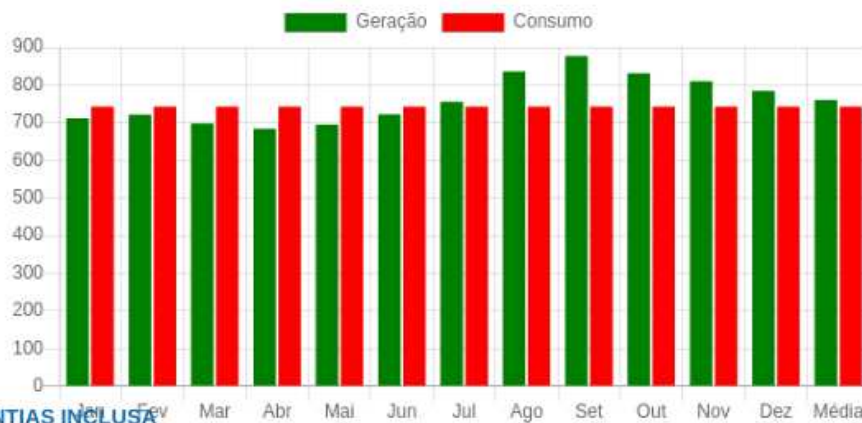
O sistema foi dimensionado baseando-se em análise das imagens por satélite e adotando-se como premissa que a área disponível é adequada para a instalação.



### PRICIPAIS EQUIPAMENTOS

ITEM	MODELO	QUANTIDADE
Módulos fotovoltaicos	RUNERGY BIFACIAL 550W P-TYPE (GARANTIA DE 12 ANOS) - (TIER 1 - PVEL) - À VISTA ou 12X SEM JUROS	12

Inversor(es)	INVERSOR HUAWEI -4KTL-L1 -4KW	1
--------------	-------------------------------	---



### GARANTIAS INCLUSA

SUNLUZ		MÓDULOS FOTOVOLTAICOS		INVERSORES	
INSTALAÇÃO	1 ANO	EQUIPAMENTO	12 ANOS	STRING	10 ANOS
		PERFORMANCE	25 ANOS	MICROINVERSOR	15 ANOS

OBS: Após 1 ano de instalação, a garantia dos equipamentos é de responsabilidade dos fabricantes.

## CRONOGRAMA DO PROCESSO



\* Em caso de necessidade de obra de melhoria de rede elétrica apontada pela concessionária de energia para a homologação do sistema, considerar D+120 dias

## CONDIÇÕES COMERCIAIS

### VALOR DO INVESTIMENTO

R\$ 18.839,39



### OUTRAS OPÇÕES E SIULAÇÕES

	ENTRADA	PRESTAÇÃO
FINANCIAMENTO*	R\$ 0,00	-X R\$ -
CARTÃO DE CRÉDITO	R\$ 0,00	Em até 21x Consultar condições
A VISTA	R\$ 0,00	A NEGOCIAR

\* Os valores e taxas de juros podem variar de acordo com o CPF ou CNPJ.

**ANEXO C – ORÇAMENTO EMPRESA 2 SÃO LUÍS**



**Proposta Comercial Sistema On Grid**

Miguel Valencise

---

Investimento:  
R\$ 16.990,00

Economia média primeiro ano:  
R\$ 8.773,95

Estimativas com base no consumo médio de:  
800 kWh / mês

Tamanho do sistema:  
6,84 kWp

Retorno do investimento:  
1 anos e 11 meses

Sua conta sairá de:  
R\$ 851,00 para R\$ 119,84

Economia média mensal:  
R\$ 731,16

Rede:  
Monofásica

Valores referentes ao ano vigente\*





## Seu sistema é composto por:

### Módulos fotovoltaicos:

#### Características técnicas

Fabricante	Painel
Potência	570 W
Quantidade	12
Garantia Defeito de Fabricação	12 anos
Garantia de Geração	25 anos

### Inversor de tensão:

#### Características técnicas

Modelo	Inversor Central
Fabricante	Sol/Deye/Saj/Livolttek
Potência Nominal	5 kW
Tensão Nominal	220 V
Quantidade	1
Garantia	10 anos

### Estruturas

#### Características técnicas

Fabricante	Nacional
Modelo	Colonial
Garantia	5 anos

Produção estimada de energia (em kWh)

**854 kWh / mês**



**ANEXO D – ORÇAMENTO EMPRESA 2 BARREIRINHAS**



**Proposta Comercial Sistema On Grid**

Miguel Valencise

---

Investimento:  
R\$ 20.900,00

Economia média primeiro ano:  
R\$ 8.773,95

Estimativas com base no consumo médio de:  
800 kWh / mês

Tamanho do sistema:  
6,84 kWp

Retorno do investimento:  
2 anos e 5 meses

Sua conta sairá de:  
R\$ 851,00 para R\$ 119,84

Economia média mensal:  
R\$ 731,16

Rede:  
Monofásica

Valores referentes ao ano vigente\*



## Seu sistema é composto por:

### Módulos fotovoltaicos:

#### Características técnicas

Fabricante	Painel
Potência	570 W
Quantidade	12
Garantia Defeito de Fabricação	12 anos
Garantia de Geração	25 anos

### Inversor de tensão:

#### Características técnicas

Modelo	Inversor Central
Fabricante	Sol/Deye/Saj/Livoltex
Potência Nominal	5 kW
Tensão Nominal	220 V
Quantidade	1
Garantia	10 anos

### Estruturas

#### Características técnicas



Fabricante	Nacional
Modelo	Colonial
Garantia	5 anos

Produção estimada de energia (em kWh)


**854 kWh / mês**



ANEXO E – ORÇAMENTO EMPRESA 3 SÃO LUÍS



ARRAIÁ  
**PULA  
FATURA**  
HCC  
ENERGIA SOLAR

 CONHEÇA A EMPRESA  
E NOSSAS SOLUÇÕES

PROPOSTA  
**COMERCIAL**

IDF 173706.2  
Miguel Valencise  
30/07/2024

A MAIOR ESPECIALISTA EM **ENERGIA SOLAR** DO BRASIL.

### DADOS TÉCNICOS



\*A quantidade total de módulos utilizados pode variar de acordo com a potência dos módulos disponíveis em estoque, no momento de realização da obra, sempre mantendo a geração de energia igual ou superior à prevista na proposta.

ORIENTAÇÃO   INCLINAÇÃO   SOMBREAMENTO	S 10° 0%; N 10° 0%
CONSUMO ANUAL	9.360 kWh
DISTRIBUIDORA	EQUATORIAL/MA
TIPO DE CONEXÃO UG	Monofásica 220 V
DISJUNTOR NECESSÁRIO	32A
NECESSIDADE DE TRANSFORMADOR	Não
POTÊNCIA	6,10 kWp
GERAÇÃO ESTIMADA (ANUAL)	8.901,78 kWh
% DE GERAÇÃO X CONSUMO	95,10%
ÁREA ESTIMADA	36,10 m <sup>2</sup>
TIPO DE INSTALAÇÃO	Telhado cerâmico

### EQUIPAMENTOS PARA O SEU PROJETO



QUANTIDADE DE MÓDULOS	11	QUANTIDADE DE INVERSORES	1	ESTRUTURAS	
MARCA	DAH Solar	MARCA	Sungrow ou equivalentes	FABRICANTE	Solar Group ou Pratyx ou Alfix
POTÊNCIA	555 Wp ou Equivalente	MODELO	1x 5KSG-RS-L 5kW	GARANTIA	12 Anos
TIPO	Mono	GARANTIA	10 Anos	VIDA ÚTIL	25 Anos
EFICIÊNCIA	21,84 %	GARANTIA DE PERFORMANCE 80%	25 Anos	VIDA ÚTIL	15 Anos

\*Devido a disponibilidade de mercado para equipamentos fotovoltaicos, poderão ser utilizados módulos de potências e marcas equivalentes podendo haver variações na quantidade total e inversores de potências equivalentes, porém a potência total será ajustada para não prejudicar o desempenho do sistema.



## INVESTIMENTO STANDARD

INVESTIMENTO ESPECÍFICO

R\$/kWp 3.541,69

INVESTIMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

R\$ 21.622,04

### ANÁLISE FINANCEIRA

FLUXO DE CAIXA  
ACUMULADO

**R\$ 312.685,66**

VPL

**R\$ 51.977,19**

TIR

**38,46%**

PAYBACK

**2 Anos**

\*Em função de força maior, os prazos que por ventura não sejam cumpridos pela concessionária, isentarão a empresa contratada de pagar a multa referente a economia mensal.

**ANEXO F – ORÇAMENTO EMPRESA 3 BARREIRINHAS**

ARRAIÁ  
**PULA  
FATURA**  
HCC  
ENERGIA SOLAR

 CONHEÇA A EMPRESA  
E NOSSAS SOLUÇÕES

PROPOSTA  
**COMERCIAL**

IDF 173706.1  
Miguel Valencise  
29/07/2024

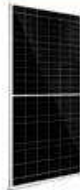
A MAIOR ESPECIALISTA EM **ENERGIA SOLAR** DO BRASIL.



**DADOS TÉCNICOS**


\*A quantidade total de módulos utilizados pode variar de acordo com a potência dos módulos disponíveis em estoque, no momento de realização da obra, sempre mantendo a geração de energia igual ou superior à prevista na proposta.

ORIENTAÇÃO   INCLINAÇÃO   SOMBREAMENTO	N 10° 0%
CONSUMO ANUAL	9.360 kWh
DISTRIBUIDORA	EQUATORIAL/MA
TIPO DE CONEXÃO UG	Monofásica 220 V
DISJUNTOR NECESSÁRIO	32A
NECESSIDADE DE TRANSFORMADOR	Não
POTÊNCIA	6,10 kWp
GERAÇÃO ESTIMADA (ANUAL)	9,375,93 kWh
% DE GERAÇÃO X CONSUMO	100,17%
ÁREA ESTIMADA	36,10 m <sup>2</sup>
TIPO DE INSTALAÇÃO	Telhado cerâmico

**EQUIPAMENTOS PARA O SEU PROJETO**


QUANTIDADE DE MÓDULOS	11	QUANTIDADE DE INVERSORES	1	ESTRUTURAS	
MARCA	DAH Solar	MARCA	Sungrow ou equivalentes	FABRICANTE	Solar Group ou Pratyco ou Alfix
POTÊNCIA	555 Wp ou Equivalente	MODELO	1x 5KSG-RS-L 5kW	GARANTIA	12 Anos
TIPO	Mono	VIDA ÚTIL	15 Anos	VIDA ÚTIL	25 Anos
EFICIÊNCIA	21,84 %	GARANTIA	10 Anos		
GARANTIA	12 Anos				
GARANTIA DE PERFORMANCE 80%	25 Anos				

\*Devido a disponibilidade de mercado para equipamentos fotovoltaicos, poderão ser utilizados módulos de potências e marcas equivalentes podendo haver variações na quantidade total e inversores de potências equivalentes, porém a potência total será ajustada para não prejudicar o desempenho do sistema.

INVESTIMENTO ESPECÍFICO

R\$/kWp 3.606,63

INVESTIMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

R\$ 22.018,48

### ANÁLISE FINANCEIRA

FLUXO DE CAIXA  
ACUMULADO

R\$ 327.954,03

VPL

R\$ 54.249,10

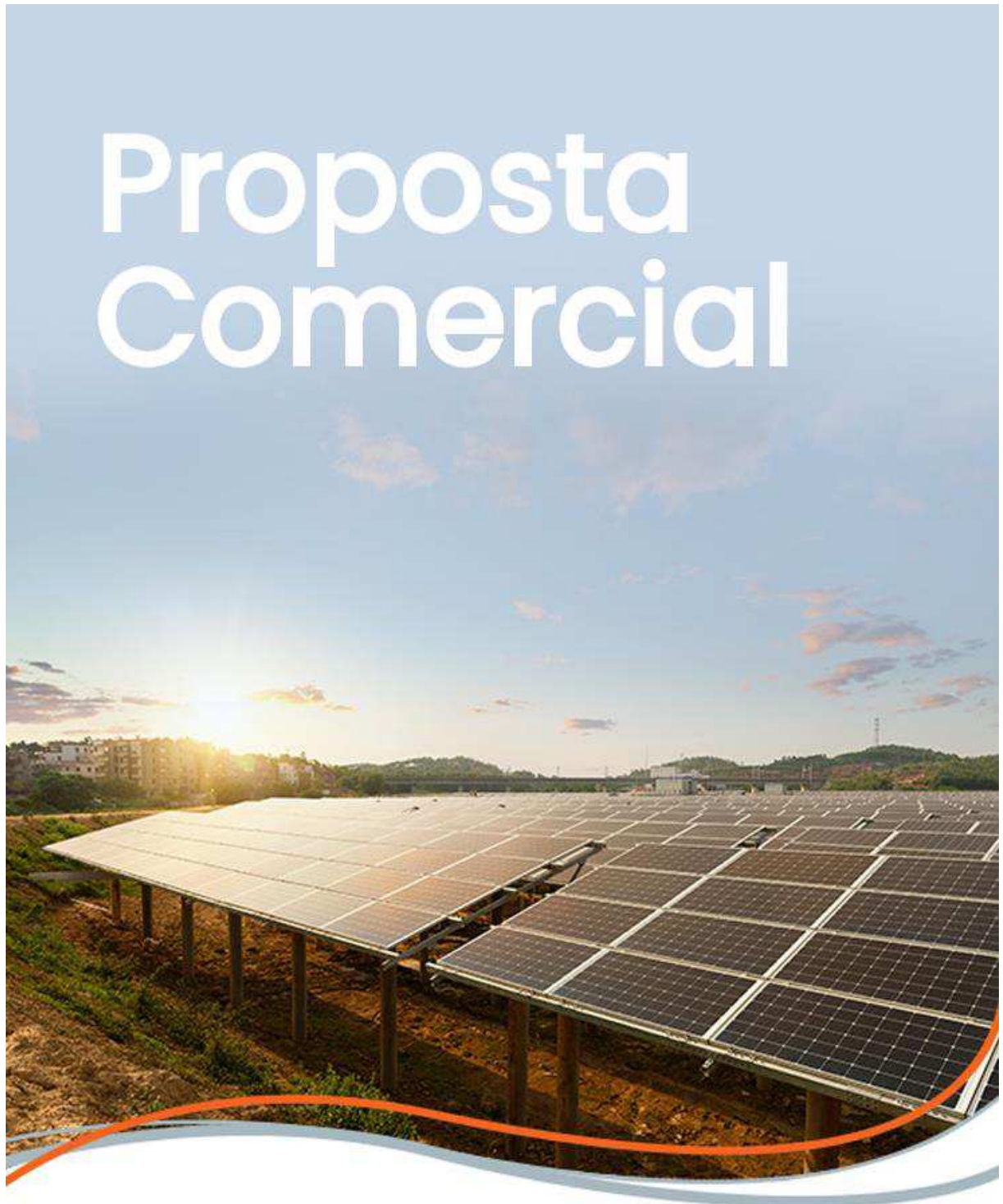
TIR

38,56%

PAYBACK

2 Anos

\*Em função de força maior, os prazos que por ventura não sejam cumpridos pela concessionária, isentarão a empresa contratada de pagar a multa referente a economia mensal.

**ANEXO G – ORÇAMENTO EMPRESA 4 SÃO LUÍS**

# Proposta Comercial

**Miguel Valencise**

A proposta é válida até 29/07/2024

Número da proposta P2434

Vendedor: WILLIAM BARROS DOS SANTOS

**CWL**  
**ELETROKSA**  
ENGENHARIA E SERVIÇOS

# Detalhes da proposta

## Usina fotovoltaica

### Contas de energia consideradas

Conta	Unidade Consumidora	Consumo médio mensal (kWh)	Consumo mínimo (kWh)	Preço do kWh (R\$)
Conta 1 Grupo B - Convencional Monofásico		750	30	0,94
Total		750	30	0,94 * valor médio

### Dimensionamento

Localidade da usina	Barreirinhas/MA
Tipo de estrutura	CERAMICO
Irradiação Solar Diária Média Anual	5,42 kWh/m2
Potência do sistema dimensionado	6,20 kWp
Energia estimada a ser gerada pela potência dimensionada (média anual)	754 kWh/mês
Área útil necessária para a instalação (estimada)	20,00 m2

# Os produtos

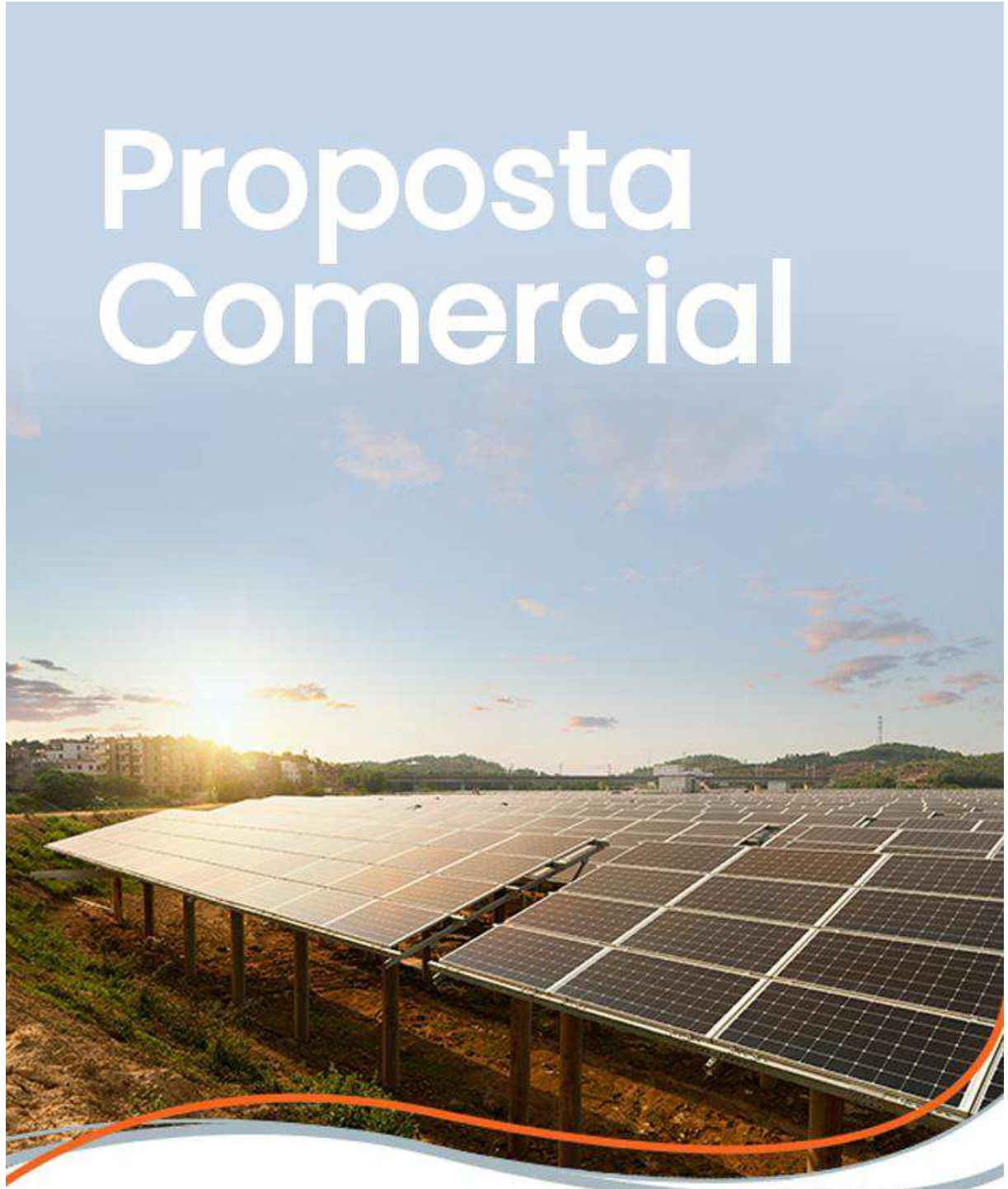
Lista de produtos orçados nesta proposta comercial.

Produto	Unid.	Qtde	Valor unitário	Valor total
KIT SOLAR 6,20 KWP-FOTUS	kit	1,00	R\$ 16.845,02	R\$ 16.845,02
10 PULLING ENERGY   620W N-TYPE (22,18% EF.) 1 INVERSOR SOLPLANET ASW 6KW (S-G2) MONOFÁSICO 220V (2 MPPT) 4 CONECTOR   FEMEA/MACHO   TIPO MC4 1 CABO SOLAR   ROLO 25 METROS   4MM   PRETO 1 CABO SOLAR   ROLO 25 METROS   4MM   VERMELHO 3 KIT TELHADO FIBROCIMENTO   CCM   4 MÓDULOS (4,8M) 10 TRILHO ALUMÍNIO P/ TELHADO CERÂMICO/FIBROCIMENTO   CCM   2.40M				

Valor total da proposta:

**R\$ 16.845,02**

\* R\$ 2,72 por Wp

**ANEXO H – ORÇAMENTO EMPRESA 4 BARREIRINHAS**

# Proposta Comercial

**Miguel Valencise**

A proposta é válida até 29/07/2024

Número da proposta P2434

Vendedor: WILLIAM BARROS DOS SANTOS

**CWL**  
**ELETROKSA**  
ENGENHARIA E SERVIÇOS

# Detalhes da proposta

## Usina fotovoltaica

### Contas de energia consideradas

Conta	Unidade Consumidora	Consumo médio mensal (kWh)	Consumo mínimo (kWh)	Preço do kWh (R\$)
Conta 1 Grupo B - Convencional Monofásico		750	30	0,94
Total		750	30	0,94 * valor médio

### Dimensionamento

Localidade da usina	Barreirinhas/MA
Tipo de estrutura	CERAMICO
Irradiação Solar Diária Média Anual	5,42 kWh/m2
Potência do sistema dimensionado	6,20 kWp
Energia estimada a ser gerada pela potência dimensionada (média anual)	754 kWh/mês
Área útil necessária para a instalação (estimada)	20,00 m2

# Os produtos

Lista de produtos orçados nesta proposta comercial.

Produto	Unid.	Qtde	Valor unitário	Valor total
KIT SOLAR 6,20 KWP-FOTUS	kit	1,00	R\$ 17.645,02	R\$ 17.645,02
10 PULLING ENERGY   620W N-TYPE (22,18% EF.) 1 INVERSOR SOLPLANET ASW 6KW (S-G2) MONOFÁSICO 220V (2 MPPT) 4 CONECTOR   FEMEA/MACHO   TIPO MC4 1 CABO SOLAR   ROLO 25 METROS   4MM   PRETO 1 CABO SOLAR   ROLO 25 METROS   4MM   VERMELHO 3 KIT TELHADO FIBROCIMENTO   CCM   4 MÓDULOS (4,8M) 10 TRILHO ALUMÍNIO P/ TELHADO CERÂMICO/FIBROCIMENTO   CCM   2.40M				

Valor total da proposta:

**R\$ 17.645,02**

\* R\$ 2,85 por Wp