



**Jonathan Luis Bender Mezzeta**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS  
SOLARES FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIAS**

**Horizontina/RS**

**2019**

**Jonathan Luis Bender Mezzeta**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS  
SOLARES FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas pelo Curso de Ciências Econômicas da Faculdade Horizontina (FAHOR).

**ORIENTADOR(A): Ivete Linn Ruppenthal, Mestre.**

**Horizontina/RS**

**2019**

**FAHOR – FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES  
FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIAS”**

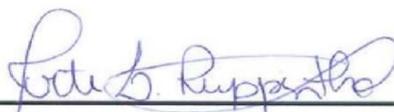
**Elaborada por:**

**Jonathan Luis Bender Mezzeta**

como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências Econômicas

**Aprovado em: 04/12/2019**

**Pela Comissão Examinadora**



---

**Mestre. Ivete Linn Ruppenthal  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**



---

**Mestre. Cássia Bordim Santi  
FAHOR – Faculdade Horizontina**



---

**Mestre. Márcio Leandro Kalkmann  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina/RS**

**2019**

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado em especial a minha mãe Salete e meu irmão Giovane pelo apoio incondicional nessa caminhada, e a todos que de algum modo sempre estiveram ao meu lado e que acreditaram em mim desde o início.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte deste trabalho. A minha família pelo apoio nessa caminhada, meus amigos pela compreensão e ajuda quando necessitei. Agradeço a minha orientadora Me. Ivete Linn Ruppenthal pelos ensinamentos, empenho, tempo e dedicação no auxílio do cumprimento de todas as etapas deste trabalho de conclusão de curso, ao coordenador do Curso de Ciências Econômicas Me. Stephan Sawitzki por todo seu empenho em ajudar seus alunos da melhor maneira possível, aos demais professores e funcionários por todo o suporte disponibilizado.

*“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”*  
*Henry Ford*

## RESUMO

A energia solar fotovoltaica vem se apresentando como um dos melhores e mais sustentáveis meios de fornecimento de energia elétrica para a população, pois é um recurso natural inesgotável, confiável e de fácil acesso. Nesse sentido, realizou-se o estudo de viabilidade de implantação de painéis solares em residências no município de Horizontina – RS, com consumo médio entre 50 kWh e 1.000 kWh. O problema de pesquisa é a partir de qual consumo de energia é viável a implantação dos painéis solares fotovoltaicos em residências. O objetivo da pesquisa visou estimar a viabilidade da implantação de painéis solares fotovoltaicos nas residências. Os métodos de pesquisa utilizados foram exploratório e descritivo e as abordagens indutiva e quantitativa. Os métodos de investigação foram o comparativo, bibliográfico, documental e pesquisa de campo, sendo os dados analisados no software Excel. Foram analisados os custos de implantação dos painéis nas residências, a quantidade necessária de painéis para reduzir o consumo, bem como ocorreu o cálculo de gastos com energia e o retorno financeiro que a implantação dos mesmos podem vir a gerar. Após as análises identificou-se que as residências com consumo de 50 kWh e 100 kWh não são viáveis para implantar os painéis solares por não possuírem um bom retorno financeiro, enquanto que as residências que possuem um consumo de 150 kWh a 1.000 kWh, demonstraram um VPL que variou de R\$ 2.518,24 a R\$ 41.743,92, a uma taxa de 3,58%. A TIR teve uma variação entre 15% e 61% de rentabilidade, e o payback dos investimentos obtendo retorno de 1 a 3 anos, demonstrando serem viáveis as instalações de painéis solares.

**Palavras-chave:** Análise de Custos. Energia Solar Fotovoltaica. Viabilidade Econômica.

## ABSTRACT

*Photovoltaic solar energy has become one of the best and most sustainable means of supplying electricity to the population, as it is an inexhaustible, reliable and easily accessible natural resource. In this sense, the feasibility study of the implementation of solar panels in homes in the city of Horizontina - RS, with average consumption between 50 kWh and 1,000 kWh. The research problem is from which energy consumption is feasible to deploy photovoltaic solar panels in homes. The objective of the research was to estimate the feasibility of installing photovoltaic solar panels in homes. The research methods used were exploratory and descriptive and the inductive and quantitative approaches. The research methods were comparative, bibliographic, documentary and field research, and the data were analyzed using Excel software. The cost of installing the panels in the homes, the amount of panels needed to reduce consumption, as well as the calculation of energy costs and the financial return that their implementation may generate were analyzed. After the analysis it was found that homes with consumption of 50 kWh and 100 kWh are not viable to deploy solar panels because they do not have a good financial return, while homes that have a consumption of 150 kWh to 1000 kWh, showed a NPV which ranged from \$ 2,518.24 to \$ 41,743.92 at a rate of 3.58%. The IRR varied between 15% and 61% in profitability, and the payback on investments yielding a return of 1 to 3 years, demonstrating that solar panel installations are viable.*

**Keywords:** *Cost analysis. Photovoltaic Solar Energy. Economic viability.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras

<b>Figura 1</b> – Radiação Solar no Rio Grande do Sul, no mês de Dezembro de 2018...	23
<b>Figura 2</b> – Lingote de silício monocristalino.....	25
<b>Figura 3</b> – Célula fotovoltaica monocristalina .....	26
<b>Figura 4</b> – Célula de filmes finos .....	28
<b>Figura 5</b> – Módulo de silício amorfo.....	29
<b>Figura 6</b> – Células de telureto de cádmio (CdTe).....	30
<b>Figura 7</b> – Células CIGS (cobre-índio-gálio-selênio) .....	30
<b>Figura 8</b> – Fórmula de cálculo do payback.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 9</b> – Equipamentos de um sistema fotovoltaico .....	37
<b>Figura 10</b> – Funcionamento do sistema fotovoltaico. ....	38
<b>Figura 11</b> – Projetos de corrente alternada do tipo monofásica .....	44
<b>Figura 12</b> – Projetos de corrente alternada do tipo bifásica .....	45
<b>Figura 13</b> – Projetos de corrente alternada do tipo trifásica .....	45
<b>Figura 14</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 100 kWh.....	46
<b>Figura 15</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 150 kWh.....	47
<b>Figura 16</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 200 kWh.....	47
<b>Figura 17</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 250 kWh.....	48
<b>Figura 18</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 300 kWh.....	48
<b>Figura 19</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 350 kWh.....	49
<b>Figura 20</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 400 kWh.....	49
<b>Figura 21</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 450 kWh.....	50
<b>Figura 22</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 500 kWh.....	50
<b>Figura 23</b> - Gasto com energia de uma residência com consumo de 550 kWh .....	51
<b>Figura 24</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 600 kWh.....	51
<b>Figura 25</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 650 kWh.....	52
<b>Figura 26</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 700 kWh.....	52
<b>Figura 27</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 750 kWh.....	53
<b>Figura 28</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 800 kWh.....	53
<b>Figura 29</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 850 kWh.....	54
<b>Figura 30</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 900 kWh.....	54
<b>Figura 31</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 950 kWh.....	55
<b>Figura 32</b> – Gasto com energia de uma residência com consumo de 1.000 kWh.....	55

## Quadros

<b>Quadro 1</b> - Subtração das médias anuais pela cobrança mínima das distribuidoras .....	40
<b>Quadro 2</b> – Consumo diário por hora .....	41
<b>Quadro 3</b> – kWp por consumo médio anual .....	42
<b>Quadro 4</b> – Quantidade de painéis por média anual de consumo .....	43
<b>Quadro 5</b> – Preço de cada item necessário para a instalação dos painéis .....	44
<b>Quadro 6</b> – Comparativo das residências. ....	56

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
2.1 EVOLUÇÃO BRASILEIRA QUANTO A ENERGIA FOTOVOLTAICA .....	15
2.2 ENERGIA ELÉTRICA.....	15
<b>2.2.1 Demanda por Energia Elétrica</b> .....	<b>16</b>
2.3 FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS .....	16
<b>2.3.1 Fontes Alternativas</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3.2 Fontes de Energia Elétrica</b> .....	<b>18</b>
2.3.2.1 Energia Hidrelétrica .....	19
2.3.2.2 Energia Solar Térmica.....	19
2.3.2.3 Energia Oceânica .....	20
2.3.2.4 Energia Geotérmica.....	21
2.3.2.5 Energia da Biomassa .....	21
2.3.2.6 Energia Eólica .....	22
2.3.2.7 Energia Solar Fotovoltaica .....	22
<b>2.3.3 Influência da Radiação Solar e da Temperatura</b> .....	<b>23</b>
<b>2.3.4 Resolução Normativa Nº 482/2012 da ANEEL</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3.5 Tipos de Células Fotovoltaicas</b> .....	<b>25</b>
2.3.5.1 Silício monocristalino.....	25
2.3.5.2 Silício policristalino .....	27
2.3.5.3 Filmes finos .....	27
<b>2.3.6 Funcionamento e Características dos Módulos Fotovoltaicos</b> .....	<b>31</b>
2.4 INDICADORES PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE.....	31
<b>2.4.1 Energia Solar e a Economia</b> .....	<b>31</b>
<b>2.4.2 Valor Presente Líquido (VPL)</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)</b> .....	<b>33</b>
<b>2.4.4 Payback</b> .....	<b>34</b>

<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
4.1 IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES EM RESIDÊNCIAS E EMPRESAS ....	37
4.2 RESULTADOS .....	39
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O planeta terra possui inúmeras riquezas naturais, sendo que muitas delas podem ser utilizadas como fonte de energia, como a água, o ar e o petróleo. Também, tem-se acesso a uma fonte de energia que está muito longe no sistema solar, o Sol. É a maior estrela do sistema solar, além de possuir uma luminosidade extremamente poderosa. Sua superfície possui uma temperatura aproximada de 6000°C, sendo extremamente quente. É por conta disso que tem-se a disposição um dos poucos meios de energia de fonte inesgotável. Assim, o aproveitamento desta fonte de energia é uma alternativa para a geração de energia elétrica.

O Sol é capaz de proporcionar altas fontes de energias que podem ser captadas por meio de painéis solares fotovoltaicos e armazenadas por geradores, transformando em energia elétrica para abastecer, desde simples casas, até grandes cidades.

Nos últimos anos, o aumento da tarifa da luz e a redução no preço dos painéis, bem como, o tempo de retorno do investimento seriam pontos chave que elevaram a demanda por implantação em residências. Além disso, subsídios do governo, bancos e da ANEEL ajudam a ter um maior acesso a esse meio de energia renovável. Segundo a ABSOLAR, no ano de 2018 o país possuía cerca de 450 megawatts (MW) instalados em sistemas próprios de geração solar, sendo que, atualmente esse número se encontra em 760 MW, com a expectativa de chegar até 1.000 MW no fim de 2019.

Diante deste contexto, o tema desta pesquisa é o estudo de viabilidade da implantação de painéis solares fotovoltaicos em residências, de acordo com o seu consumo.

As energias renováveis começam a ter mais espaço, usinas eólicas e solares passam a serem mais escolhidas como meio de acesso a novos tipos de energia. Essas fontes não agredem o meio ambiente e são inesgotáveis, e seu custo-benefício é alto. Cada vez mais é possível notar a sua presença na sociedade.

Sendo necessário a procura por novos meios de abastecimento de energia para a população, foi estimado um problema de pesquisa, que se desenvolveu no presente estudo, junto com a busca por maiores informações sobre o assunto. Neste

contexto, este estudo visou responder ao seguinte problema de pesquisa: a partir de qual consumo de energia é viável a implantação de painéis solares fotovoltaicos em residências?

A demanda por energia cresce continuamente devido ao aumento populacional e das atividades econômicas. Como a geração de energia ocorre por meios que agredem de maneira relevante o meio ambiente, é necessário gerar um alerta à sociedade para a utilização racional da energia e a busca por fontes de energias renováveis, que gerem um maior conforto à população e à natureza. Neste sentido, a energia solar fotovoltaica é um meio alternativo, que demonstra ser viável devido a sua abundância e confiabilidade, além de ser uma matriz diversificada e segura.

A energia solar possui inúmeras vantagens se comparado a outros meios de energias. Por ser uma energia renovável e inesgotável, não causa danos à natureza. As placas utilizadas pelas residências não requerem uma grande área para instalação, visto que as mesmas geralmente são colocadas nos telhados das suas respectivas instalações.

Diante do exposto, a justificativa desta pesquisa se desenvolveu devido a importância do tema em estudo para a sociedade em geral. Demonstra um novo meio alternativo de energia, que está em crescimento, muito por conta do aumento da energia elétrica e do início da escassez dos meios mais comuns de energia, devido à estiagem, poluição, entre outros fatores. A possibilidade do desenvolvimento de um novo meio de acesso à energia e estabelecer um menor gasto, foram alguns dos pontos que determinou uma maior busca por mudanças.

As mudanças climáticas devido as ações humanas, levam a repensar em como utilizar os meios de energias e a busca por novas fontes, que sejam renováveis e que não agredam o meio ambiente. Com tais mudanças de perspectivas, foi definido o objetivo geral do estudo, assim como os objetivos específicos, que auxiliaram a atingir o resultado final.

O objetivo geral deste estudo visou estimar a viabilidade da implantação de painéis solares fotovoltaicos em residências. Para alcançar o objetivo geral, elaborou-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Demonstrar a viabilidade de implantação de painéis solares baseado em simulações efetuadas de acordo com o consumo de energia;
- b) Apresentar o VPL que estabelecerá o ganho financeiro com a implantação;

- c) Calcular a TIR para demonstrar a sua rentabilidade;
- d) Estimar o tempo de retorno do investimento inicial com o Payback.

Para uma melhor organização, essa monografia está estruturada em capítulos. No capítulo 1 foi introduzido o assunto do trabalho, o tema, o problema, a justificativa, o objetivo geral e os objetivos específicos, para assim apresentar o conteúdo de modo a destacar as principais ideias do presente trabalho.

No capítulo 2 foram destacadas as referências estudadas para desenvolver os projetos de instalações de painéis solares em residências, demonstrando outros tipos de energias renováveis de produção de eletricidade, além de destacar os vários tipos de estruturas e processos de fabricação no qual passam os painéis.

No capítulo 3 foi definido os meios de como foram alcançados os objetivos, elucidando os métodos de pesquisa e sua relação com os objetivos, demonstrando de que maneira ocorreu a utilização de cada técnica de pesquisa.

O capítulo 4 faz referência a implantação dos painéis solares em residências, destacando os componentes necessários e como ocorre o funcionamento de um sistema solar, apresentando os resultados da aplicação dos projetos, assim como quadros e dados sobre os gastos financeiros, além do tempo de retorno dos investimentos.

Por fim, apresenta-se a conclusão da presente monografia, de modo a definir os melhores projetos para aplicação diante dos resultados apresentados no capítulo 4, e de quais formas chegou-se a essas conclusões.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna. Ela é necessária para se criar bens com base em recursos naturais e para fornecer muitos dos serviços com os quais a humanidade tem se beneficiado. O desenvolvimento econômico e os altos padrões de vida são processos complexos que compartilham um denominador comum: a disponibilidade de um abastecimento adequado e confiável de energia.

### 2.1 EVOLUÇÃO BRASILEIRA QUANTO A ENERGIA FOTOVOLTAICA

O Brasil deverá ter um salto de 44% na capacidade instalada de energia solar em 2019, o que levaria o país à marca de 3,3 gigawatts (GW) da fonte em operação. O ano também deve marcar uma virada para o mercado solar brasileiro com a expansão puxada pela primeira vez pela chamada geração distribuída — em que placas solares em telhados ou terrenos geram energia para atender à demanda de casas ou de estabelecimentos comerciais e indústrias (ÉPOCA NEGÓCIOS, 2019).

Ainda de acordo com a mesma fonte, os projetos de geração distribuída (GD) deverão acrescentar 628,5 megawatts (MW) em capacidade solar ao país, um crescimento de 125%, enquanto grandes usinas fotovoltaicas devem somar 383 MW até o final do ano, um avanço de 21%. Entre 2017 e 2018, a geração distribuída já havia mostrado ritmo mais forte, com expansão de 172%, contra 86% nas grandes usinas, mas os projetos de GD, menores, adicionaram naquele período 317 MW, contra 828 MW dos empreendimentos de grande porte, viabilizados após leilões de energia do governo.

### 2.2 ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica se associa à circulação de correntes elétricas através de um campo de potencial elétrico, como em capacitores elétricos ou em nuvens eletricamente carregadas. A potência pode ser medida pelo produto da tensão pela corrente (HERNANDEZ NETO, et al. 2019).

Ainda segundo o mesmo autor, a energia elétrica é usada para fins variados, sendo um dos pilares mais importantes da sociedade. Iluminação, eletrodomésticos, ar condicionado, acionamento industrial e outros produtos dependem da energia elétrica. Sendo assim, a maioria dos processos de conversão de energia possui finalidade de produção. A energia elétrica é nobre no sentido de ser transformada em processos a partir de outras formas de energia, sendo disponibilizada de forma fácil e segura ao consumidor, por meio de linhas de distribuição.

### **2.2.1 Demanda por Energia Elétrica**

A demanda crescente da sociedade por energia e a descoberta de novas máquinas eletromecânicas, bem como o surgimento das indústrias do petróleo e elétrica, impulsionaram o progresso tecnológico da sociedade do século XX e do atual. Automóveis, centrais termelétricas, navios, locomotivas e indústrias diversas passaram a consumir petróleo, gás e carvão em quantidades cada vez maiores (HERNANDEZ NETO, et al. 2019).

Ainda segundo os autores, a sociedade moderna consome grande quantidade de energia útil. Conseqüentemente, há necessidade de um fornecimento contínuo de energia para atender a essa crescente demanda. A matriz energética é o panorama de distribuição real de aproveitamento dos recursos energéticos dentro de um país, de uma região ou do mundo. Sua determinação está diretamente vinculada ao balanço energético, e sua aplicação consiste em estudos setoriais que têm por finalidade apresentar a evolução da demanda e da oferta de energia de um país, região ou de todo o mundo.

### **2.3 FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS**

O Sol é a principal fonte de energia de todo o planeta, seja no fornecimento de energia para a realização de todos os processos climáticos naturais, seja como fonte de calor e luz para os vegetais e os animais e para o homem nas suas próprias atividades. Sendo assim, o Sol é a fonte primária de energia, uma vez que praticamente todas as fontes de energia necessárias à sobrevivência do homem são supridas de alguma forma pela energia solar (HERNANDEZ NETO, et al. 2019).

Segundo Hernandez Neto et al (2019, p.2):

O conceito científico de energia é de difícil entendimento, por se tratar de uma grandeza física proveniente do inter-relacionamento entre dois sistemas físicos. A origem da palavra energia provém do grego, e seu significado está associado com a capacidade de realização do trabalho. Dentre as diversas formas em que se apresenta na natureza, a energia pode ser transformada de uma forma em outra por meio dos chamados processos de conversão de energia.

As fontes de energias renováveis são aquelas consideradas inesgotáveis, devido ao padrão de uso do ser humano. Tais fontes podem ser utilizadas em grandes quantidades, que ainda assim não terão sua origem esgotada. As usinas hidrelétricas, por exemplo, dependem da água para a geração de energia, porém, não é uma fonte renovável. Já as usinas eólicas e solares, dependem respectivamente, do vento e do sol para gerar luz, sendo que tais fontes são inesgotáveis (VILLALVA, 2015).

Ainda segundo o autor, além de serem encontradas em abundância, as energias renováveis não agredem o meio ambiente. Diferentemente das fontes não renováveis, a utilização da mesma em substituição aos combustíveis fósseis reduzem a emissão de poluentes na atmosfera e reduz o efeito estufa, que é apontando como principal causador do aumento da temperatura da Terra.

### **2.3.1 Fontes Alternativas**

O crescimento populacional do mundo, juntamente com a alta demanda de energia elétrica vem gerando uma grande preocupação, e busca por novos meios de abastecimento a população. Os meios mais conhecidos de geração ainda são os mais utilizados, porém está ocorrendo um crescimento significativo de fontes alternativas para gerar eletricidade (VILLALVA, 2015).

Ainda referente as fontes alternativas, Villalva (2015) afirma que a sua utilização motiva um maior desenvolvimento de pesquisas tecnológicas e ajuda a trazer benefícios econômicos. Normalmente, tais benefícios são analisados sob a ótica do custo da geração da energia elétrica produzida. Entretanto, existem outros ganhos associados ao uso de fontes de energia alternativas.

### 2.3.2 Fontes de Energia Elétrica

Atualmente, mais de 80% da matriz energética mundial são constituídos por fontes não renováveis de energia: petróleo, gás natural e carvão mineral. As fontes renováveis correspondem a somente 13%. Desses, mais da metade corresponde à biomassa tradicional, ou seja, ao uso não sustentável de recursos (VILLALVA, 2015).

A energia da biomassa tem origem na energia captada do Sol através da fotossíntese. A energia da água dos rios, que movem as turbinas de hidrelétricas, tem sua origem na evaporação, nas chuvas e no degelo provocados pelo calor. A energia eólica tem seus ventos gerados devido as diferenças de temperatura e da pressão atmosférica, ocasionadas pelo aquecimento solar. Além dessas fontes, os combustíveis fósseis também possuem origem na energia solar, devido a decomposição da matéria orgânica a milhares de anos (VILLALVA, 2015).

A crescente demanda da sociedade moderna por fontes de energia tem trazido inúmeros benefícios, mas também malefícios para o meio ambiente. O uso intensivo de recursos naturais para atividades industriais, domésticas e veiculares é a origem da maior parte dos poluentes atmosféricos.

Atualmente, dois terços dos painéis produzidos são de silício cristalino (c-Si). Sua composição é basicamente 90% de vidro, polímero e alumínio, que são classificados como resíduos não perigosos. Porém os painéis também incluem materiais como prata, estanho e traços de chumbo. Painéis de filme fino, em contrapartida, são 98% vidro não perigoso, polímero e alumínio combinados com 2% de cobre e zinco (potencialmente perigosos) e semicondutores e outros elementos perigosos ao ser humano (SOLSTICIO ENERGIA, 2017).

Ainda segundo a fonte, para 2030, devido aos avanços tecnológicos e em Pesquisa e Desenvolvimento, a quantidade de matéria-prima utilizada na produção de painéis de silício e de filme fino vão reduzir consideravelmente. Equipamentos mais eficientes também diminuirão o uso de materiais perigosos e elementos raros, o que facilitará o potencial de reciclagem do equipamento.

### 2.3.2.1 Energia Hidrelétrica

A energia hidrelétrica é muito empregada no Brasil, sendo que, quase toda a eletricidade tem origem nessa fonte. O funcionamento dela ocorre pelo movimento da água de um rio, que é represada e depois escoada por um duto. Com isso, o movimento gerado por ela faz girar as pás da turbina. A energia potencial em armazenamento no reservatório, que é transformada em energia cinética durante o escoamento, é transformada em eletricidade por um gerador elétrico, que fica acoplado à turbina (VILLALVA, 2015).

Ainda segundo VILLALVA, 2015, a eletricidade que foi produzida, é deslocada para um transformador elétrico e posteriormente repassada aos centros de consumo, através de linhas de transmissão. Como a água dos rios é renovada devido ao ciclo de evaporação das chuvas, a energia hidrelétrica é considerada uma fonte renovável de energia.

### 2.3.2.2 Energia Solar Térmica

A energia solar térmica pode se apresentar nas formas de radiação térmica ou energia interna. O calor corresponde a um fenômeno apenas observável na fronteira entre sistemas onde existe uma diferença de temperaturas. Um fluxo de calor pode ser resultado tanto de uma variação interna de energia quanto de uma outra forma energética. A energia interna corresponde a capacidade de promover mudanças, sendo associada a agitação térmica de um dado material, que pode ser medida por sua temperatura (HERNANDEZ NETO, et al 2019).

A energia solar pode ser aproveitada como fonte de aquecimento e de energia. Nos sistemas de aquecimento solar, o calor é captado por coletores solares instalados em telhados de prédios ou residências, para aquecer a água. Dentro dos coletores existem tubos em que a água circula e é aquecida, sendo posteriormente armazenada em um reservatório (VILLALVA, 2015).

Ainda segundo o autor, além da utilização de aquecimento, o calor do sol pode ser empregado como fonte de energia elétrica. Isso ocorre pela captação e concentração do calor, que aquece um fluido e posteriormente transportado até uma

central geradora, onde é empregado para produzir vapor e acionar uma turbina acoplada a um gerador elétrico.

### 2.3.2.3 Energia Oceânica

Os oceanos também constituem um meio de geração de energia elétrica. A extração ocorre por meio do movimento das ondas do mar, das correntes oceânicas ou do movimento das marés. As ondas oceânicas resultam da ação do vento sobre a água. As correntes marítimas são resultados de diferenças na temperatura e densidade da água, causadas pelo aquecimento solar. Já o movimento das marés ocorre devido a ação gravitacional do Sol e da Lua sobre a água dos oceanos (VILLALVA, 2015).

A energia gerada pelas ondas do mar pode ser aproveitada como eletricidade por meio de um sistema com boias flutuantes. As boias capturam a energia cinética gerada pelas ondas, onde acionam um sistema capacitado para a produção de eletricidade. Existe uma variedade de mecanismos capaz de produzir, porém, todos possuem a utilização de boias que flutuam com as ondas. Para o aproveitamento da energia gerada pelas correntes marítimas, turbinas submersas são usadas para gerar a eletricidade, capturando o movimento das correntes de água (VILLALVA, 2015).

Segundo Hernandez Neto et al (2015, p. 282):

O tipo mais comum de usina mare motriz consiste na construção de barragens em baías e estuários que aproveitam as marés enchentes para armazenar água em um reservatório. Em seguida, durante a vazante, a água represada passa por turbinas conectadas a geradores elétricos, em um processo de geração semelhante ao das centrais hidrelétricas, que transforma a energia potencial da água armazenada em energia elétrica. As comportas da barragem são fechadas ao término da maré enchente, antes que o nível do mar comece a descer. Iniciada a maré vazante, quando o desnível entre a água represada e a água externa ao reservatório for suficiente para o funcionamento eficiente das turbinas, essas entram em operação e assim permanecem até que a altura de queda da água se torne a mínima possível para a geração de energia elétrica. A partir desse ponto bloqueia-se a passagem da água através das turbinas e o processo é reiniciado na maré enchente seguinte, com a reabertura das comportas para a admissão de água.

#### 2.3.2.4 Energia Geotérmica

Esse tipo de energia utiliza-se do calor do interior da Terra como meio de geração de aquecimento ou eletricidade. Em determinadas regiões, é possível encontrar temperaturas elevadas a algumas centenas de metros de profundidade, ideais para a sua utilização. Essas áreas geralmente são em regiões vulcânicas e onde possuem a presença dos gêiseres (fontes de água quente que brotam do solo) (VILLALVA, 2015, p. 22).

Ainda segundo Villalva (2015), nas usinas geotérmicas empregam-se tubulações subterrâneas de água para geração de eletricidade. Com tais tubulações, é possível extrair o calor do subsolo e levá-lo até as centrais de geração de energia, onde utilizam turbinas de vapor para acionar os geradores.

#### 2.3.2.5 Energia da Biomassa

A bioenergia faz parte da matriz energética do Brasil há um certo tempo, em consequência das políticas introduzidas no país. Esse vêm a ser o motivo pelo o qual, os gases do efeito estufa eram relativamente reduzidos quando comparados com outros países. Porém, por causa do crescente uso de usinas térmicas e combustíveis fósseis para gerar eletricidade, ocorre um crescimento as emissões no setor de energia (HERNANDEZ NETO, et al 2019).

Ela é obtida através da queima de compostos orgânicos de origem vegetal e animal. Os combustíveis fósseis enquadram-se como uma forma de biomassa, porém, não é renovável. A biomassa renovável constitui-se de compostos orgânicos que podem ser repostos e não se esgotam (VILLALVA, 2015, p. 22).

Dos variados tipos de biomassa, o bagaço de cana é o que possui maior potência instalada no Brasil, sendo que o mesmo corresponde a mais de 9000 MW instalados para consumo próprio e geração de excedentes em usinas de açúcar e álcool. Além desses, é seguido por licor negro (no setor de celulose), resíduos de madeira (em serrarias e movelarias), biogás e casca de arroz (HERNANDEZ NETO, et al 2019).

Pode ser reconstituída pelo plantio, sendo uma fonte renovável de energia. Apesar de aspectos um pouco negativos, como a necessidade de grandes áreas de

plântio ou desgaste do solo, é considerada uma fonte de energia limpa, sendo que o carbono lançado na atmosfera é capturado pelas plantas na fotossíntese (VILLALVA, 2015, p. 23).

### 2.3.2.6 Energia Eólica

Segundo HERNANDEZ NETO et al, 2019, p. 160:

A energia eólica, ou energia contida nos ventos, consiste em energia cinética resultante do deslocamento das massas de ar com velocidades variáveis no tempo e no espaço, provocadas por efeitos climáticos derivados do aquecimento da terra por radiação solar incidente, rotação e translação da terra, bem como pelos efeitos de superfície (rugosidade do terreno, obstáculos, gradiente térmico, dentre outros).

O movimento das massas de ar na atmosfera é percebido como “ventos”, e sua formação tem como causas o aquecimento da terra, a rotação da terra e a influência de efeitos térmicos (HERNANDEZ NETO et al, 2019, p. 165).

Os ventos que sopram na terra podem ser classificados como ventos de circulação global e local. Os ventos de circulação global são resultantes das variações de pressão, temperatura e densidade causadas pelo aquecimento desigual da terra pela radiação solar, que varia em função da distribuição geográfica, período do dia e sua distribuição anual (HERNANDEZ NETO et al, 2019, p. 165).

### 2.3.2.7 Energia Solar Fotovoltaica

A geração de energia fotovoltaica é obtida a partir da conversão da radiação solar que incide no painel fotovoltaico em energia elétrica em corrente contínua. Essa energia pode ser consumida pela demanda da edificação, armazenada em baterias ou transmitida para rede de distribuição local para consumo de outras unidades (HERNANDEZ NETO et al, 2019).

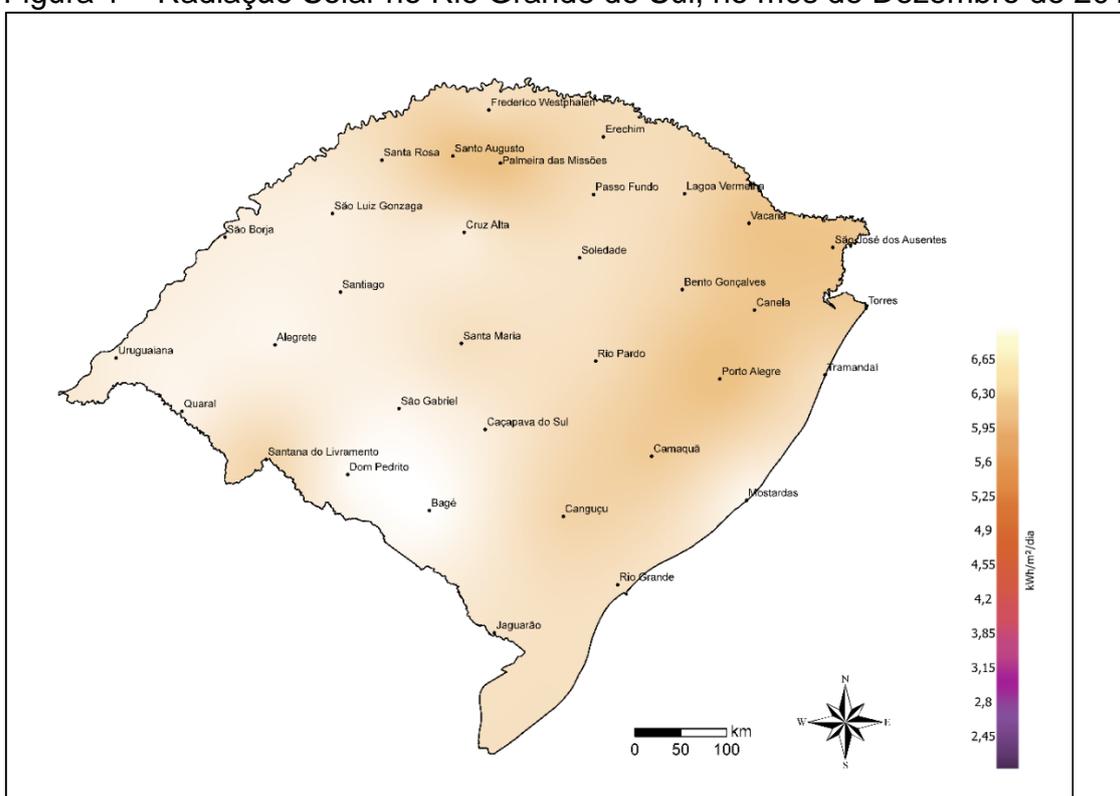
A energia do Sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica. Diferentemente dos sistemas solares térmicos, que são empregados para realizar aquecimento ou para produzir eletricidade a partir da energia térmica do Sol, os sistemas fotovoltaicos tem a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica (VILLALVA, 2015, p. 18).

Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica. As placas fotovoltaicas podem ser usadas nos telhados e fachadas de residências e edifícios para suprir as necessidades locais de eletricidade, ou podem ser empregadas na construção de usinas geradoras de eletricidade. A energia solar fotovoltaica é uma das fontes de energia cujo uso mais cresce em todo o mundo (VILLALVA, 2015).

### 2.3.3 Influência da Radiação Solar e da Temperatura

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução) (ANEEL, 2000).

Figura 1 – Radiação Solar no Rio Grande do Sul, no mês de Dezembro de 2018.



Fonte: HAAG, et al. 2018.

A corrente elétrica que o módulo fotovoltaico pode fornecer depende diretamente da intensidade da radiação solar que incide sobre suas células. Com uma irradiância solar de 1000 W/m<sup>2</sup> o módulo é capaz de fornecer a corrente máxima especificada em suas atribuições. A corrente máxima do módulo pode variar proporcionalmente a irradiância. Com pouca luz, a corrente fornecida pelo módulo é muito pequena e sua capacidade é reduzida (VILLALVA, 2015).

A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Contudo, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do País se concentra em regiões mais distantes do Equador (ANEEL, 2000).

A temperatura tem influência na tensão que o módulo fornece em seus terminais e, conseqüentemente, na potência fornecida. Em temperaturas mais baixas as tensões são maiores, e em temperaturas mais altas são menores. A corrente fornecida pelo módulo não se altera com a temperatura. Uma consequência da variação sobre o módulo é que, quando a temperatura aumenta, a sua potência diminui, pois a potência é o produto da tensão e da corrente do módulo (VILLALVA, 2015).

#### **2.3.4 Resolução Normativa Nº 482/2012 da ANEEL**

A resolução normativa nº 482, de 17 de Abril de 2012 definiu as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências (ANEEL, 2012).

Segundo a resolução da ANEEL (2012), as distribuidoras deverão adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de micro geração e mini geração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais.

Além disso, podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora (ANEEL, 2012):

- Com micro geração ou mini geração distribuída;
- Integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras;
- Caracterizada como geração compartilhada;
- Caracterizada como autoconsumo remoto.

### 2.3.5 Tipos de Células Fotovoltaicas

Existem atualmente diversas tecnologias para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos. As mais comuns encontradas no mercado são a do silício monocristalino, a do silício policristalino e a do filme fino de silício. O silício que é utilizado na fabricação é extraído do mineral quartzo. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais do minério, mas a purificação do silício não é feita no país (VILLALVA, 2015).

#### 2.3.5.1 Silício monocristalino

O processo de Czochralski (processo de extração de cadinho), foi estabelecido para produzir silício monocristalino para aplicações terrestres. Durante este processo, o núcleo do cristal com uma orientação definida, é imerso num banho de silício fundido (ponto de fusão de  $1.420^{\circ}\text{C}$ ) e retirado do banho enquanto roda lentamente. O produto resultante desse processo é o lingote de silício monocristalino (PORTAL ENERGIA, 2004).

Figura 2 – Lingote de silício monocristalino



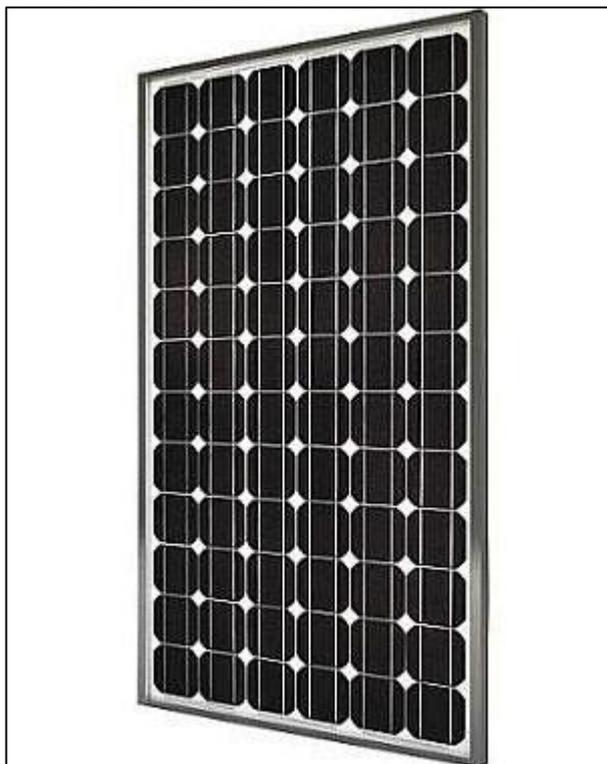
Fonte: Portal Solar, 2018.

O lingote de silício monocristalino é constituído de uma estrutura cristalina única e possui organização molecular homogênea, o que lhe confere aspecto brilhante e uniforme. O lingote é serrado e fatiado para produzir wafers, que são finas bolachas de silício puro. Os wafers não possuem as propriedades de uma célula fotovoltaica (VILLALVA, 2015, p. 69).

Segundo Villalva (2015, p. 69):

Os wafers são submetidos a processos químicos nos quais recebem impurezas em ambas as faces, formando as camadas de silício P e N que constituem a base para o funcionamento da célula fotovoltaica. Por último, a célula semiacabada recebe uma película metálica em uma das faces, uma grade metálica na outra face e uma camada de material antirreflexo na face que vai receber a luz. O produto final é a célula fotovoltaica monocristalina. O aspecto de uma célula monocristalina é uniforme, normalmente tem tons azulado escuro ou preto, podendo ter sua coloração alterada dependendo do tipo de tratamento antirreflexo que receber.

Figura 3 – Célula fotovoltaica monocristalina



Fonte: Portal Solar, 2018.

São as mais eficientes produzidas e distribuídas comercialmente. Seu alcance de eficiência pode ser de 15% a 18%, mas tem um custo mais elevado de produção do que os outros tipos. São células rígidas e quebradiças, necessitando que sua montagem seja em módulos para adquirir resistência mecânica (VILLALVA, 2015).

### 2.3.5.2 Silício policristalino

O processo de produção mais comum para o silício policristalino, é o de fundição de lingotes. O silício em estado bruto é aquecido no vácuo até uma temperatura de 1.500 °C e depois arrefecido na direção da base do cadinho, a uma temperatura aproximada de 800 °C. O lingote de silício policristalino é formado por um aglomerado de pequenos cristais, com tamanhos e orientações diferentes (PORTAL ENERGIA, 2004, p. 38).

O lingote policristalino também é serrado para produzir wafers, que posteriormente se transformam em células fotovoltaicas. As células possuem aparência heterogênea, sendo encontradas na cor azul, mas pode diferir em função do tratamento antirreflexo utilizado (VILLALVA, 2015).

As células possuem eficiência entre 13% e 15%, sendo inferiores às das células monocristalinas, mas seu custo de produção é menor que compensa a redução de eficiência. São rígidas e quebradiças, sendo necessário monta-las em módulos, para adquirir resistência mecânica (VILLALVA, 2015).

### 2.3.5.3 Filmes finos

São uma tecnologia mais recente, criada após as tecnologias cristalinas já estarem bem desenvolvidas. Diferentemente das células cristalinas, os dispositivos de filmes finos são fabricados através da deposição de finas camadas de materiais sobre uma base que pode ser rígida ou flexível (VILLALVA, 2015).

Ainda segundo o autor, o processo da deposição, que pode ocorrer por vaporização ou através de outros métodos, permite que pequenas quantidades de matéria-prima sejam empregadas para fabricar os módulos, além de evitar desperdícios que ocorrem na serragem dos wafers cristalinos, o que torna menor o custo dessa tecnologia.

As temperaturas para sua fabricação ficam entre 200 °C e 500 °C, em oposição às temperaturas de até 1500 °C necessárias na fabricação de células cristalinas. Além de consumir menos matéria-prima, consomem menos energia em sua fabricação, tornando muito baixo o custo da tecnologia. Além disso, a reduzida

complexidade de fabricação torna mais simples os processos automatizados, favorecendo a produção em larga escala (VILLALVA, 2015).

Figura 4 – Célula de filmes finos



Fonte: Portal Solar, 2018.

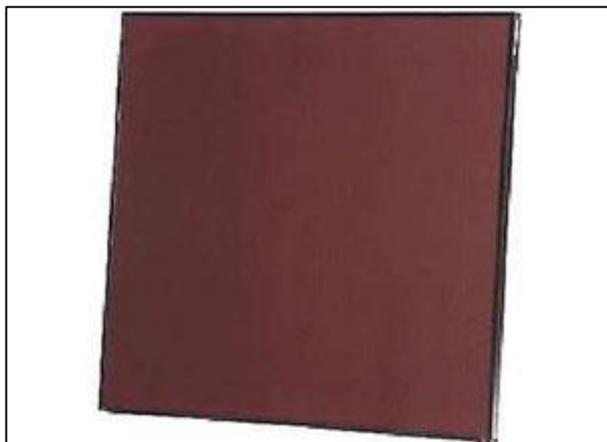
Uma vantagem apontada para os filmes finos é o melhor aproveitamento da luz solar, para baixos níveis de radiação e para radiações do tipo difusa. Além disso, o coeficiente de temperatura é mais favorável, a diminuição da produção de energia com o aumento da temperatura é menor do que a verificada com outras tecnologias (VILLALVA, 2015).

O material semicondutor é aplicado em um substrato, geralmente vidro, através de deposição por vaporização, deposição catódica ou banho eletrolítico. Os semicondutores mais utilizados são o silício amorfo (a-Si), o disseleneto de cobre e índio (CIGS) e o telureto de cádmio (CdTe) (PORTAL ENERGIA, 2004).

#### 2.3.5.3.1 Silício amorfo

A eficiência dos módulos de silício amorfo é muito baixa quando comparada à dos dispositivos cristalinos. A maior desvantagem consiste na baixa eficiência (entre 5% e 8%). Sua eficiência diminui durante os primeiros 6 a 12 meses de funcionamento, devido a degradação induzida pela luz, até chegar a um valor estável. Essa foi a primeira tecnologia de filme fino desenvolvida (VILLALVA, 2015).

Figura 5 – Módulo de silício amorfo



Fonte: Portal Solar, 2018.

#### 2.3.5.3.2 Silício microcristalino

Uma alternativa que aparenta ser promissora são as células de silício cristalino. Elas apresentam simultaneamente as vantagens do silício cristalino e da tecnologia de fabricação de filmes finos. As células microcristalinas são fabricadas em dois processos, um em alta temperatura e outro em baixa temperatura (VILLALVA, 2015).

Ainda segundo o autor, o processo em alta temperatura consiste na deposição de filmes de silício de elevada qualidade, sobre um substrato barato a temperaturas situadas entre 900 °C e 1000 °C, criando estruturas microcristalinas semelhantes à do silício policristalino. A célula resultante desse primeiro processo é classificada como cristalina.

#### 2.3.5.3.3 CdTe e CIGS

As células de telureto de cádmio (CdTe) e CIGS (cobre-índio-gálio-selênio) são as mais eficientes dentro da família dos filmes finos, porém não alcançaram ainda a produção em larga escala como as outras. As células CdTe enfrentam problemas para sua produção em larga escala, pois o cádmio (Cd) é um material tóxico e o telúrio (Te) é um material raro, que não é encontrado em abundância (VILLALVA, 2015).

Figura 6 – Células de telureto de cádmio (CdTe)



Fonte: Portal Solar, 2018.

As células CIGS não empregam materiais tóxicos e são mais eficientes do que as células de silício, porém seu custo é muito elevado e sua aceitação comercial ainda é pequena (VILLALVA, 2015).

Figura 7 – Células CIGS (cobre-índio-gálio-selênio)



Fonte: Portal Solar, 2018.

#### 2.3.5.3.4 Células Híbridas

Um sistema fotovoltaico híbrido trabalha em conjunto com outro sistema de geração elétrica, que pode ser um aro gerador, um moto-gerador a combustível líquido, ou qualquer outro sistema de geração elétrica. Pode ou não possuir sistema de armazenamento de energia. Quando possui, o sistema tem autonomia menor ou igual a um dia (BLUESOL, 2019).

A célula fotovoltaica híbrida resulta da combinação da célula cristalina convencional com uma célula de filme fino, acrescida posteriormente de uma fina camada de silício sem impurezas, chamada camada intrínseca. Essa tecnologia não apresenta degradação da eficiência devido ao envelhecimento pela exposição à luz, como ocorre nos filmes finos de silício amorfo (VILLALVA, 2015).

### **2.3.6 Funcionamento e Características dos Módulos Fotovoltaicos**

Os painéis ou módulos fotovoltaicos são formados por um agrupamento de células conectadas eletricamente. Uma célula fotovoltaica consegue fornecer uma tensão elétrica de até aproximadamente 0,6 V. Para produzir módulos com tensões de saída maiores, os fabricantes conectam várias células em série. Tipicamente, um módulo tem 36, 54, 60 ou mais células, dependendo de sua classe de potência (VILLALVA, 2015).

Ainda segundo o autor, a corrente elétrica produzida por uma célula depende da sua área, pois a corrente elétrica depende diretamente da quantidade de luz recebida pela célula. Quanto maior a área, maior a captação de luz e maior a corrente fornecida. Geralmente os módulos cristalinos comerciais fornecem em torno de 8 A de corrente elétrica e os módulos de filmes finos normalmente apresentam correntes menores, em torno de 2 A.

## **2.4 INDICADORES PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE**

Com mercados mais dinâmicos e tele conectados, não há espaço para investimentos que não possuem retorno. Sendo assim, a análise de viabilidade dos se torna um fator de extrema importância para os gestores definirem um meio melhor para fazer a alocação dos recursos (do Autor, 2019).

### **2.4.1 Energia Solar e a Economia**

A energia solar gera uma economia que varia de 50% e 95% na conta de luz. O investimento feito para instalação de placas solares acaba sendo pago pelo dinheiro economizado com a redução de gastos. No Brasil, ainda existe a vantagem

da quantidade de energia que pode ser gerada devido à grande disponibilidade dos raios solares que podem ser captados pelos painéis solares (PORTAL SOLAR, 2019).

A segundo o autor, apesar de possuir uma vida útil longa, as placas exigem algumas manutenções ao longo do tempo. No entanto, as manutenções necessárias feitas nos painéis solares fazem com que o equipamento gere maior economia na conta de luz, além de evitar gastos adicionais com imprevistos.

#### 2.4.2 Valor Presente Líquido (VPL)

VPL é o valor presente da renda econômica gerada pelo projeto ao longo de toda a sua vida útil (FEIJÓ, 2015).

O método de cálculo do valor presente líquido (VPL) apura, em valores atuais, o ganho financeiro previsto para o projeto. Para tanto, é necessário descapitalizar todos os valores constantes no fluxo de caixa e diminuir este resultado pelo investimento inicial. Se o resultado do VPL for superior a zero, significa que o projeto merece continuar sendo analisado, por outro lado, se o resultado for negativo (inferior a zero), o projeto deve ser descartado (CAMLOFFSKI, 2014).

Conforme Assaf (p. 201, 2017), a identidade de cálculo do VPL é expressa da forma seguinte:

$$NPV = \left[ \frac{FC_1}{(1+i)} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \right] - FC$$

$$NPV = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0$$

Onde:

FC<sub>j</sub> = representa o valor de entrada (ou saída) de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

FC<sub>0</sub> = fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial), podendo ser um investimento, empréstimo ou financiamento;

i = taxa de desconto que iguala, em determinada data, as entradas com as saídas previstas de caixa;

j = período de cada investimento;

$n$  = período final do investimento.

O VPL é uma das ferramentas mais completas para a análise de investimentos, portanto, caso sejam constatadas divergências nos resultados das técnicas utilizadas, normalmente o VPL indicará qual o caminho correto (CAMLOFFSKI, 2014).

### 2.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Assaf (2017, p. 197) destaca que, a identidade de cálculo da taxa interna de retorno é identificada da forma seguinte:

$$FC_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j}$$

Onde:

$FC_0$  = valor do fluxo de caixa no momento zero (recebimento – empréstimo, ou pagamento – investimento);

$FC_j$  = fluxos previstos de entradas ou saídas de caixa em cada período de tempo;

$i$  = taxa de desconto que iguala, em determinada data, as entradas com as saídas previstas de caixa;

$j$  = período de cada investimento;

$n$  = período final do investimento.

É a taxa de juros que torna o VPL do investimento igual a zero. Dessa definição, pode-se deduzir que a TIR é, grosso modo, a rentabilidade projetada do investimento, ou seja, quanto está se estimando ganhar (%) de acordo com o orçamento de caixa definido (CAMLOFFSKI, 2014).

Ainda segundo o autor, a TIR se define como sendo a taxa de juros que torna o VPL um investimento igual a zero, ou seja, a rentabilidade projetada do investimento, de acordo com o orçamento de caixa definido. Entretanto, numa análise mais aprofundada, verificar-se-á que a TIR, na verdade, é o limite superior da rentabilidade estimada para um projeto, já que o seu procedimento de cálculo presume que as entradas de caixa previstas serão reinvestidas com base na própria TIR.

#### 2.4.4 Payback

Payback que em português significa “retorno” é uma técnica muito utilizada nas empresas para análise do prazo de retorno do investimento em um projeto. Pode-se completar que o payback é o tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor deste investimento. Normalmente este período é medido em meses ou anos. O payback possui a seguinte fórmula (CONTÁBEIS, 2016):

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Ganho no Período}}$$

O chamado payback corresponde ao tempo necessário para a recuperação do investimento inicial a ser realizado para o início das atividades do negócio. Ele é estimado a partir das projeções de fluxos de caixa futuros e será estabelecido com base na estimativa, ano a ano, da diferença entre o investimento inicial feito (que entra como negativo no caixa) e o lucro anual, até que o investimento inicial seja zerado. Normalmente, a cada ano o valor de investimento inicial será recuperado parcialmente, até que seja zerado e o empreendimento seja capaz de auferir lucros (AVENI, 2014).

### 3 METODOLOGIA

Este estudo tem o pressuposto de desenvolver uma análise de viabilidade da implantação de painéis solares em residências.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa foi do tipo exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória “é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa” (VERGARA, 2014, p. 42). Classifica-se como exploratória devido a busca do levantamento bibliográfico do tema, bem como a realização da busca de dados, por meio de entrevistas e cálculos que foram desenvolvidos.

Já a pesquisa descritiva “expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno. Pode também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Não tem compromisso em explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação” (VERGARA, 2014, p. 42). Sua utilização ocorreu para a descrição dos cálculos para definir qual a viabilidade dos projetos.

Os métodos de abordagem utilizados para o desenvolvimento foram o indutivo e quantitativo. O objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam (MARCONI; LAKATOS, 2002, p. 68). Para o desenvolvimento dos dados do estudo, ocorreu a formulação de cálculos com base de determinar o retorno financeiro que os painéis solares podem vir a gerar, sendo que para isso utilizou-se o VPL, a TIR e o payback, assim caracterizando esta pesquisa como quantitativa.

Quanto aos métodos de procedimentos, este estudo foi considerado como comparativo. Ocorreu a utilização do método comparativo para a análise de comparação de valores dos gastos de energia nas residências, além da comparação do tempo de retorno, com dados de empresas que comercializam essa fonte de energia, sendo verificado também as quantidades necessárias para instalação nas residências.

O desenvolvimento do estudo utilizou como técnicas de pesquisa, a bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica é feita com base em documentos

já elaborados, tais como livros, dicionários, enciclopédias, periódicos, como jornais e revistas, além de publicações, como comunicação e artigos científicos, resenhas e ensaios críticos (SANTOS, 2005). Para Marconi e Lakatos (2002, p. 63):

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, [...] Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos de alguma forma, quer publicadas quer gravadas.

Pode-se considerar que a principal particularidade da pesquisa documental “é que a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fontes primárias. Estas podem ser recolhidas no momento em que o fato ou fenômeno ocorre, ou depois” (MARCONI; LAKATOS, 2002, p. 62). Classifica-se como pesquisa documental, devido a utilização dos dados atualizados de irradiação solar fornecidos pela CRESESB, com relação ao município de Horizontina.

Devido a necessidade de buscas por pesquisas de preços e realização de entrevistas com fornecedores, o estudo enquadrou-se como pesquisa de campo. “Consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presume relevantes, para analisá-los” (MARCONI; LAKATOS, 2002, p. 83).

Após os dados coletados, estes foram analisados por meio do uso de planilhas do Excel (VPL, TIR e payback), bem como elaboração de gráficos e tabelas comparativas. Com isso, foi possível determinar a partir de qual consumo de energia elétrica é viável implantar painéis solares fotovoltaicos em residências.

Para a análise de dados, ainda foi utilizada a análise de conteúdo. A análise de conteúdo “refere-se ao estudo de textos, documentos e verbalizações orais. [...] Utiliza tanto procedimentos sistemáticos e ditos objetivos de descrição dos conteúdos, quanto inferências, deduções lógicas [...]” (VERGARA, 2014, p.5). Esta técnica serviu principalmente para a análise dos dados coletados com a entrevista, bem como para analisar e interpretar os resultados encontrados por meio dos cálculos.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo localiza-se as características dos sistemas fotovoltaicos residenciais e como ocorre seu funcionamento. Além disso, a coleta de dados e as simulações efetuadas trará clareza na buscando responde ao problema de pesquisa e apresentar os devidos resultados.

### 4.1 IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES EM RESIDÊNCIAS E EMPRESAS

Segundo o Portal Solar (2018), o principais componentes de um sistema fotovoltaico residencial são:

- Painéis Fotovoltaicos;
- String Box;
- Inversor;
- Cabos e Conectores;
- Estruturas de Fixação.

Figura 8 – Equipamentos de um sistema fotovoltaico

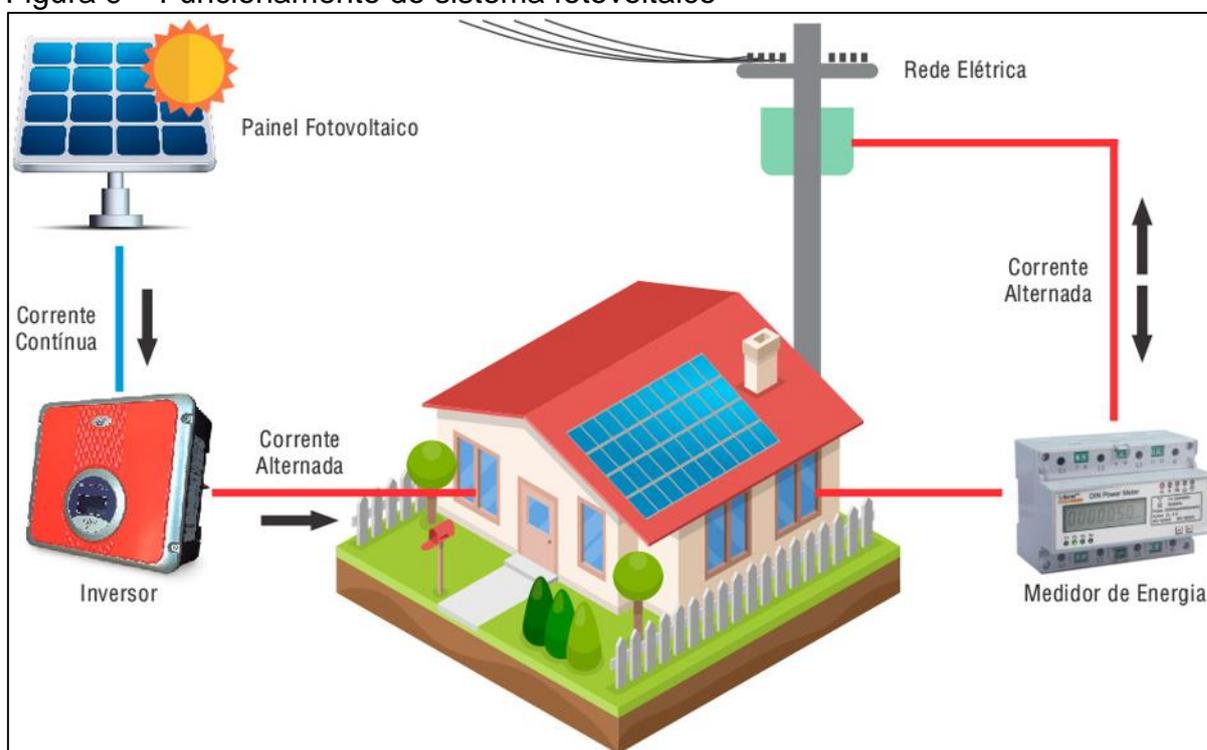


Fonte: Portal Solar, 2018.

Segundo Portal Solar (2018, s.p.), o funcionamento nas residências ocorre da seguinte maneira:

O painel solar no telhado da casa gera energia elétrica (em corrente contínua) quando a Luz do Sol bate nele. A energia gerada pelo painel solar passa por um inversor solar que alterna a corrente contínua para alternada e, equaliza com a frequência da sua residência. (60Hz). Desta forma a energia solar está agora igual à da rede elétrica. A energia sai do inversor e é conectada na rede de energia da sua casa, normalmente o sistema é conectado no quadro de luz. Essa energia vai sendo utilizada pelas luzes da casa, eletrodomésticos e tudo o que consome energia que esteja conectado na tomada. Se não tiver sol suficiente o resto da energia é fornecido pela Distribuidora de energia. Se a casa gera mais energia solar do que está consumindo naquele momento, a energia extra vai para a rede da distribuidora e gera um “crédito de energia” para o consumidor.

Figura 9 – Funcionamento do sistema fotovoltaico



Fonte: Energy, 2016.

Segundo Portal Solar (2018, s.p.), é possível realizar o armazenamento da energia produzida por meio de baterias. Para isso, possui dois meios, o primeiro é o sistema Off-Grid que não está conectado à rede elétrica, ou seja, toda a eletricidade gerada pelos painéis são armazenados em baterias para uso noturno. O segundo é o sistema Híbrido que está conectado à rede elétrica, porém, esse sistema prioriza o uso da eletricidade armazenada nas baterias sobre a eletricidade da rede.

## 4.2 RESULTADOS

Com os dados coletados com pesquisas de campo, foram estabelecidas simulações de projetos de instalações de painéis solares fotovoltaicos em residências. Para isso, foram desenvolvidos parâmetros que delimitaram o tamanho dos resultados.

Os dados estabelecidos foram formados por consumo médio anual das residências em kWh, com ponto mínimo de gasto de 50kWh e no máximo 1000kWh. As residências foram separadas por seu tipo de corrente alternada, que são monofásica, bifásica ou trifásica. Foram classificadas como monofásicas as residências que possuíam gasto médio anual de 50kWh até 450kWh, as bifásicas com gasto médio anual de 500kWh até 750kWh e as trifásicas com gasto médio anual de 800kWh até 1.000kWh.

Com a classificação dos tipos de correntes, foi pesquisada a taxa mínima de cobrança estabelecido pelas concessionárias de energia. Segundo a resolução normativa nº414/2010 da ANEEL (2012), Seção V Art. 98, a tarifa mínima para corrente monofásica é de 30 kWh, corrente bifásica de 50 kWh e corrente trifásica de 100 kWh. Tal informação foi utilizada diretamente nos cálculos.

Quadro 1 - Subtração das médias anuais pela cobrança mínima das distribuidoras

Média Anual kWh	Tarifa Mínima	Média Anual - Tarifa Mínima
50	30	20
100	30	70
150	30	120
200	30	170
250	30	220
300	30	270
350	30	320
400	30	370
450	30	420
500	50	450
550	50	500
600	50	550
650	50	600
700	50	650
750	50	700
800	100	700
850	100	750
900	100	800
950	100	850
1000	100	900

Fonte: Autor, 2019.

Inicialmente, foi feita a subtração das médias anuais pela cobrança mínima feitas pelas distribuidoras de rede, devido a ser uma cobrança efetiva e que não é de gasto do próprio consumidor. Após, ocorreu o dimensionamento do consumo diário de energia por hora da residência. Para isso, se utilizou a média anual descontada pela tarifa mínima e após, esta foi dividida por 30 (Quadro 2).

Quadro 2 – Consumo diário por hora

Média Anual kWh	Consumo diário por hora
50	0,67
100	2,33
150	4,00
200	5,67
250	7,33
300	9,00
350	10,67
400	12,33
450	14,00
500	15,00
550	16,67
600	18,33
650	20,00
700	21,67
750	23,33
800	23,33
850	25,00
900	26,67
950	28,33
1000	30,00

Fonte: Autor, 2019.

Para o próximo passo, utilizou-se os dados fornecidos pela CRESESB referente a irradiação solar do ano de 2018 do município de Horizontina, sendo encontrado a média anual de 4,66 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Com isso, dividiu o consumo diário por hora pela irradiação no município para definir o kWp.

Quadro 3 – kWp por consumo médio anual

Média Anual kWh	kWp (kW pico)
50	0,14
100	0,50
150	0,86
200	1,22
250	1,57
300	1,93
350	2,29
400	2,65
450	3,00
500	3,22
550	3,58
600	3,93
650	4,29
700	4,65
750	5,01
800	5,01
850	5,36
900	5,72
950	6,08
1000	6,44

Fonte: Autor, 2019.

Com a definição dos kWp, ocorreu o estabelecimento da quantidade de painéis solares que cada residência necessitaria, de acordo com a sua média anual. Para isso, foi feita a transformação dos valores de quilo-watt pico (kWp) para Watt-pico (Wp), para facilitar os cálculos. A quantidade de painéis foi definida após ser feita a divisão dos Wp pela potência da placa a ser utilizada, nesse caso foi definido a de 340 W, devido a disponibilidade do fornecedor.

Quadro 4 – Quantidade de painéis por média anual de consumo

Média Anual kWh	Transformando kWp em Wp (Watt pico)	Qtd de painéis	Aproximadamente
50	143,06	0,42	0
100	500,72	1,47	2 painéis
150	858,37	2,52	3 painéis
200	1216,02	3,58	4 painéis
250	1573,68	4,63	5 painéis
300	1931,33	5,68	6 painéis
350	2288,98	6,73	7 painéis
400	2646,64	7,78	8 painéis
450	3004,29	8,84	9 painéis
500	3218,88	9,47	10 painéis
550	3576,54	10,52	11 painéis
600	3934,19	11,57	12 painéis
650	4291,85	12,62	13 painéis
700	4649,50	13,67	14 painéis
750	5007,15	14,73	15 painéis
800	5007,15	14,73	15 painéis
850	5364,81	15,78	16 painéis
900	5722,46	16,83	17 painéis
950	6080,11	17,88	18 painéis
1000	6437,77	18,93	19 painéis

Fonte: Autor, 2019.

Definido as quantidades de painéis, estabeleceu-se os cálculos de custos para a instalação dos mesmos nas residências. Para isso, ainda foram utilizados valores repassados pela distribuidora de energia CERTHIL, com referência a cada um dos itens necessários para a instalação.

Quadro 5 – Preço de cada item necessário para a instalação dos painéis

Painéis Fotovoltaicos	R\$ 655,00 / un
Inversor Solar <sup>1</sup>	R\$ 4.350,00 / un
Conectores	R\$ 40,00 / un
Cabos	R\$ 4,40 / m
String Box	R\$ 640,00 / un
Estruturas de Fixação	Em média, R\$ 82,00 / por painel

Fonte: Adaptado de CERTHIL, 2019.

Utilizando os valores repassados, se definiu o custo de cada projeto de instalação, sendo que, em alguns itens ocorreu um padrão de quantidade, visto que é apenas 1 unidade de cada item. Não foi inclusa a mão-de-obra devido à falta de informação por parte do fornecedor que passou as informações, pois esta é variável.

Para calcular o projeto, foi estimada a quantidade de painéis solares necessários para a produção de energia, a quantidade de inversores, os cabos e conectores necessários, a quantidade de String Box e das estruturas de fixação, todos estes juntamente com os valores projetados (Figura 11).

Figura 10 – Projetos de corrente alternada do tipo monofásica

	Monofásica								
Consumo Médio Anual (KWh)	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Quantidade de Placas	0	2	3	4	5	6	7	8	9
Valor do painel = R\$655,00/um	R\$0,00	R\$1.310,00	R\$1.965,00	R\$2.620,00	R\$3.275,00	R\$3.930,00	R\$4.585,00	R\$5.240,00	R\$5.895,00
Quantidade de Inversor	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Valor do Inversor = R\$4.350,00/um	R\$0,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00
Quantidade de Cabos	0	2	3	4	5	6	7	8	9
Valor dos Cabos = R\$4,40/um	R\$0,00	R\$8,80	R\$13,20	R\$17,60	R\$22,00	R\$26,40	R\$30,80	R\$35,20	R\$39,60
Quantidade de Conectores	0	4	6	8	10	12	14	16	18
Valor dos Conectores = R\$40,00/um	R\$0,00	R\$160,00	R\$240,00	R\$320,00	R\$400,00	R\$480,00	R\$560,00	R\$640,00	R\$720,00
Quantidade de String Box	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Valor da String Box = R\$640,00/um	R\$0,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00
Estruturas de Fixação	0	2	3	4	5	6	7	8	10
Valor de cada estrutura de fixação = R\$82,00/média	R\$0,00	R\$164,00	R\$246,00	R\$328,00	R\$410,00	R\$492,00	R\$574,00	R\$656,00	R\$820,00
Valor Total a ser Investido	R\$0,00	R\$6.632,80	R\$7.454,20	R\$8.275,60	R\$9.097,00	R\$9.918,40	R\$10.739,80	R\$11.561,20	R\$12.464,60

Fonte: Autor, 2019.

Como pode-se observar, consumidores com média anual de consumo de 50 kWh não é viável a implantação de painéis, visto que seu consumo não é suficiente

<sup>1</sup> Modelo de Inversor Solar utilizado pelo fornecedor pesquisado. No mercado, os inversores possuem diferentes potências e valores.

e basicamente paga apenas a taxa da rede. Para os demais, o consumo é aceitável para ocorrer a instalação dos painéis viável. O valor dos projetos variam de R\$ 6.600,00 até cerca de R\$ 12.500,00.

Figura 11 – Projetos de corrente alternada do tipo bifásica

Consumo Médio Anual (KWh)	Bifásica					
	500	550	600	650	700	750
Quantidade de Placas	10	11	12	13	14	15
Valor do painel = R\$655,00/um	R\$6.550,00	R\$7.205,00	R\$7.860,00	R\$8.515,00	R\$9.170,00	R\$9.825,00
Quantidade de Inversor	1	1	1	1	1	1
Valor do Inversor = R\$4.350,00/um	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00
Quantidade de Cabos	10	11	12	13	14	15
Valor dos Cabos = R\$4,40/um	R\$44,00	R\$48,40	R\$52,80	R\$57,20	R\$61,60	R\$66,00
Quantidade de Conectores	20	22	24	26	28	30
Valor dos Conectores = R\$40,00/um	R\$800,00	R\$880,00	R\$960,00	R\$1.040,00	R\$1.120,00	R\$1.200,00
Quantidade de String Box	1	1	1	1	1	1
Valor da String Box = R\$640,00/um	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00
Estruturas de Fixação	10	11	12	13	14	16
Valor de cada estrutura de fixação = R\$82,00/média	R\$820,00	R\$902,00	R\$984,00	R\$1.066,00	R\$1.148,00	R\$1.312,00
<b>Valor Total a ser Investido</b>	<b>R\$13.204,00</b>	<b>R\$14.025,40</b>	<b>R\$14.846,80</b>	<b>R\$15.668,20</b>	<b>R\$16.489,60</b>	<b>R\$17.393,00</b>

Fonte: Autor, 2019.

Conforme pode-se observar na Figura 12, a corrente bifásica é definida pelo consumo médio anual de 500 kWh a 750 kWh, sendo o total de valores a serem investidos entre R\$13.204,00 a R\$17.393,00.

Figura 12 – Projetos de corrente alternada do tipo trifásica

Consumo Médio Anual (KWh)	Trifásica				
	800	850	900	950	1000
Quantidade de Placas	15	16	17	18	19
Valor do painel = R\$655,00/um	R\$9.825,00	R\$10.480,00	R\$11.135,00	R\$11.790,00	R\$12.445,00
Quantidade de Inversor	1	1	1	1	1
Valor do Inversor = R\$4.350,00/um	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00	R\$4.350,00
Quantidade de Cabos	15	16	17	18	19
Valor dos Cabos = R\$4,40/um	R\$66,00	R\$70,40	R\$74,80	R\$79,20	R\$83,60
Quantidade de Conectores	30	32	34	36	38
Valor dos Conectores = R\$40,00/um	R\$1.200,00	R\$1.280,00	R\$1.360,00	R\$1.440,00	R\$1.520,00
Quantidade de String Box	1	1	1	1	1
Valor da String Box = R\$640,00/um	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00	R\$640,00
Estruturas de Fixação	16	17	18	19	20
Valor de cada estrutura de fixação = R\$82,00/média	R\$1.312,00	R\$1.394,00	R\$1.476,00	R\$1.558,00	R\$1.640,00
<b>Valor Total a ser Investido</b>	<b>R\$17.393,00</b>	<b>R\$18.214,40</b>	<b>R\$19.035,80</b>	<b>R\$19.857,20</b>	<b>R\$20.678,60</b>

Fonte: Autor, 2019.

Conforme pode-se observar na Figura 13, a corrente trifásica é definida pelo consumo médio anual de 800 kWh a 1.000 kWh, sendo o total de valores a serem investidos entre R\$17.393,00 a R\$20.678,60.

Para os cálculos de gastos de energia elétrica de acordo com os consumos definidos, utilizou-se as tarifas encontradas em uma conta de luz da RGE. Nela estão todos os valores cobrados até chegar ao valor final. As seguintes tarifas são:

- R\$ 0,45910448 cobrado por kWh;
- Alíquota ICMS de 30% do valor cobrado pelo consumo dos kWh;
- A tarifa TE (tarifa de energia) de R\$ 0,42708956 cobrado por kWh;
- O PIS de 1,22% do valor cobrado pelo consumo dos kWh. Além disso é cobrado sobre o valor da tarifa TE;
- O COFINS de 5,56% do valor cobrado pelo consumo dos kWh. Assim como o PIS, o COFINS é cobrado sobre o valor da tarifa TE;
- A contribuição custeio IP-CIP Municipal no valor de R\$ 26,51;

Para os cálculos do VPL, utilizou-se a TMA de 3,58% em todas as simulações. A taxa foi definida pela subtração da Taxa Selic dos últimos 12 meses (6,18%), pela inflação acumulada de janeiro a outubro (2,6%). Para o cálculo da TIR das simulações, utilizou o investimento inicial, o valor anual que seria descontado e definido o período de 5 anos como limite máximo que o retorno poderia ocorrer. Para o Payback, foi utilizado o investimento inicial das simulações e o dividiu pelo ganho do período, assim definindo o tempo de retorno.

Figura 13 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 100 kWh

Monofásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	VPL	Payback
Jan	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	0	-R\$6.632,80	-6.632,80
Fev	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	1	R\$1.528,83	-R\$5.103,97
Mar	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	2	R\$1.528,83	-R\$3.575,14
Abr	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	3	R\$1.528,83	-R\$2.046,31
Mai	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	4	R\$1.528,83	-R\$517,48
Jun	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	5	R\$1.528,83	R\$1.011,35
Jul	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40			
Ago	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	TIR	5%	
Set	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	VPL	R\$254,34	
Out	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40	Payback	4,34	
Nov	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40			
Dez	100	R\$ 254,81	R\$ 127,40			
		R\$ 3.057,66	R\$ 1.528,83			

Fonte: do Autor, 2019.

Como demonstrado na Figura 14, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 100 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 254,81 para R\$ 127,40, e o anual de R\$ 3.057,66 para R\$ 1.528,83. Além disso, o investimento nas

instalações dos painéis demonstram uma TIR de 5%, um VPL de R\$ 254,34 e um payback por cerca de 4,34 anos.

Figura 14 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 150 kWh

Monofásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	0	-R\$7.454,20	-7.454,20
Fev	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	1	R\$2.213,72	-R\$5.240,48
Mar	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	2	R\$2.213,72	-R\$3.026,77
Abr	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	3	R\$2.213,72	-R\$813,05
Mai	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	4	R\$2.213,72	R\$1.400,66
Jun	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	5	R\$2.213,72	R\$3.614,38
Jul	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48			
Ago	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	TIR	15%	
Set	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	VPL	R\$2.518,24	
Out	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48	Payback	3,37	
Nov	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48			
Dez	150	R\$ 368,95	R\$ 184,48			
		R\$ 4.427,43	R\$ 2.213,72			

Fonte: do Autor, 2019.

Como demonstrado na Figura 15, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 150 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 368,95 para R\$ 184,48, e o anual de R\$ 4.427,43 para R\$ 2.213,72. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 15%, um VPL de R\$ 2.518,24 e um payback por cerca de 3,37 anos.

Figura 15 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 200 kWh

Monofásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	0	-R\$8.275,60	-8.275,60
Fev	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	1	R\$2.898,60	-R\$5.377,00
Mar	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	2	R\$2.898,60	-R\$2.478,40
Abr	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	3	R\$2.898,60	R\$420,20
Mai	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	4	R\$2.898,60	R\$3.318,80
Jun	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	5	R\$2.898,60	R\$6.217,40
Jul	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55			
Ago	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	TIR	22%	
Set	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	VPL	R\$4.782,14	
Out	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55	Payback	2,86	
Nov	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55			
Dez	200	R\$ 483,10	R\$ 241,55			
		R\$ 5.797,20	R\$ 2.898,60			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 16, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 200 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 483,10 para

R\$ 241,55, e o anual de R\$ 5.797,20 para R\$ 2.898,60. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 22%, um VPL de R\$ 4.782,14 e um payback por cerca de 2,86 anos.

Figura 16 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 250 kWh

Monofásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	0	-R\$9.097,00	-9.097,00
Fev	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	1	R\$3.583,49	-R\$5.513,51
Mar	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	2	R\$3.583,49	-R\$1.930,03
Abr	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	3	R\$3.583,49	R\$1.653,46
Mai	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	4	R\$3.583,49	R\$5.236,94
Jun	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	5	R\$3.583,49	R\$8.820,43
Jul	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62			
Ago	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	TIR	28%	
Set	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	VPL	R\$7.046,03	
Out	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62	Payback	2,54	
Nov	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62			
Dez	250	R\$ 597,25	R\$ 298,62			
		R\$ 7.166,97	R\$ 3.583,49			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 17, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 250 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 597,25 para R\$ 298,62, e o anual de R\$ 7.166,97 para R\$ 3.583,49. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 28%, um VPL de R\$ 7.046,03 e um payback por cerca de 2,54 anos.

Figura 17 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 300 kWh

Monofásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	0	-R\$9.918,40	-9.918,40
Fev	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	1	R\$4.268,37	-R\$5.650,03
Mar	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	2	R\$3.583,49	-R\$2.066,54
Abr	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	3	R\$3.583,49	R\$1.516,94
Mai	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	4	R\$3.583,49	R\$5.100,43
Jun	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	5	R\$3.583,49	R\$8.683,92
Jul	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70			
Ago	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	TIR	26%	
Set	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	VPL	R\$6.885,85	
Out	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70	Payback	2,77	
Nov	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70			
Dez	300	R\$ 711,40	R\$ 355,70			
		R\$ 8.536,74	R\$ 4.268,37			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 18, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 300 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado

após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 711,40 para R\$ 355,70, e o anual de R\$ 8.536,74 para R\$ 4.268,37. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 26%, um VPL de R\$ 6.885,85 e um payback por cerca de 2,77 anos.

Figura 18 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 350 kWh

Monofásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	0	-R\$10.739,80	-10.739,80
Fev	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	1	R\$4.953,26	-R\$5.786,54
Mar	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	2	R\$4.953,26	-R\$833,29
Abr	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	3	R\$4.953,26	R\$4.119,97
Mai	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	4	R\$4.953,26	R\$9.073,23
Jun	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	5	R\$4.953,26	R\$14.026,48
Jul	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77			
Ago	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	TIR	36%	
Set	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	VPL	R\$11.573,83	
Out	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77	Payback	2,17	
Nov	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77			
Dez	350	R\$ 825,54	R\$ 412,77			
		R\$ 9.906,51	R\$ 4.953,26			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 19, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 350 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 825,54 para R\$ 412,77, e o anual de R\$ 9.906,51 para R\$ 4.953,26. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 36%, um VPL de R\$ 11.573,83 e um payback por cerca de 2,17 anos.

Figura 19 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 400 kWh

Monofásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	0	-R\$11.561,20	-11.561,20
Fev	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	1	R\$5.638,14	-R\$5.923,06
Mar	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	2	R\$5.638,14	-R\$284,92
Abr	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	3	R\$5.638,14	R\$5.353,23
Mai	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	4	R\$5.638,14	R\$10.991,37
Jun	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	5	R\$5.638,14	R\$16.629,51
Jul	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85			
Ago	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	TIR	40%	
Set	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	VPL	R\$13.837,73	
Out	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85	Payback	2,05	
Nov	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85			
Dez	400	R\$ 939,69	R\$ 469,85			
		R\$ 11.276,28	R\$ 5.638,14			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 20, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 400 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 939,69 para R\$ 469,85, e o anual de R\$ 11.276,28 para R\$ 5.638,14. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 40%, um VPL de R\$ 13.837,73 e um payback por cerca de 2,05 anos.

Figura 20 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 450 kWh

Monofásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	0	-R\$12.464,60	-12.464,60
Fev	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	1	R\$6.323,03	-R\$6.141,57
Mar	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	2	R\$6.323,03	R\$181,45
Abr	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	3	R\$6.323,03	R\$6.504,48
Mai	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	4	R\$6.323,03	R\$12.827,51
Jun	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	5	R\$6.323,03	R\$19.150,53
Jul	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92			
Ago	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	TIR	42%	
Set	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	VPL	R\$16.019,63	
Out	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92	Payback	1,97	
Nov	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92			
Dez	450	R\$ 1.053,84	R\$ 526,92			
		R\$ 12.646,05	R\$ 6.323,03			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 21, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 450 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.053,84 para R\$ 526,92, e o anual de R\$ 12.646,05 para R\$ 6.323,03. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 42%, um VPL de R\$ 16.019,63 e um payback por cerca de 1,97 anos.

Figura 21 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 500 kWh

Bifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	0	-R\$13.204,00	-13.204,00
Fev	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	1	R\$7.007,91	-R\$6.196,09
Mar	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	2	R\$7.007,91	R\$811,82
Abr	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	3	R\$7.007,91	R\$7.819,74
Mai	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	4	R\$7.007,91	R\$14.827,65
Jun	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	5	R\$7.007,91	R\$21.835,56
Jul	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99			
Ago	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	TIR	45%	
Set	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	VPL	R\$18.365,53	
Out	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99	Payback	1,88	
Nov	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99			
Dez	500	R\$ 1.167,99	R\$ 583,99			
		R\$ 14.015,82	R\$ 7.007,91			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 22, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 500 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.167,99 para R\$ 583,99, e o anual de R\$ 14.015,82 para R\$ 7.007,91. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 45%, um VPL de R\$ 18.365,53 e um payback por cerca de 1,88 anos.

Figura 22 - Gasto com energia de uma residência com consumo de 550 kWh

Bifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	0	-R\$14.025,40	-14.025,40
Fev	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	1	R\$7.692,80	-R\$6.332,60
Mar	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	2	R\$7.692,80	R\$1.360,19
Abr	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	3	R\$7.692,80	R\$9.052,99
Mai	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	4	R\$7.692,80	R\$16.745,79
Jun	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	5	R\$7.692,80	R\$24.438,59
Jul	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07			
Ago	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	TIR	47%	
Set	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	VPL	R\$20.629,43	
Out	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07	Payback	1,82	
Nov	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07			
Dez	550	R\$ 1.282,13	R\$ 641,07			
		R\$ 15.385,59	R\$ 7.692,80			

Fonte: Autor, 2019

Conforme demonstrado na Figura 23, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 550 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.282,13 para R\$ 641,07, e o anual de R\$ 15.385,59 para R\$ 7.692,80. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 47%, um VPL de R\$ 20.629,43 e um payback por cerca de 1,82 anos.

Figura 23 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 600 kWh

Bifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	0	-R\$14.846,80	-14.846,80
Fev	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	1	R\$8.377,68	-R\$6.469,12
Mar	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	2	R\$8.377,68	R\$1.908,57
Abr	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	3	R\$8.377,68	R\$10.286,25
Mai	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	4	R\$8.377,68	R\$18.663,93
Jun	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	5	R\$8.377,68	R\$27.041,61
Jul	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14			
Ago	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	TIR	49%	
Set	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	VPL	R\$22.893,33	
Out	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14	Payback	1,77	
Nov	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14			
Dez	600	R\$ 1.396,28	R\$ 698,14			
		R\$ 16.755,37	R\$ 8.377,68			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 24, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 600 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.396,28 para R\$ 698,14, e o anual de R\$ 16.755,37 para R\$ 8.377,68. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 49%, um VPL de R\$ 22.893,33 e um payback por cerca de 1,77 anos.

Figura 24 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 650 kWh

Bifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	0	-R\$15.668,20	-15.668,20
Fev	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	1	R\$9.062,57	-R\$6.605,63
Mar	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	2	R\$9.062,57	R\$2.456,94
Abr	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	3	R\$9.062,57	R\$11.519,50
Mai	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	4	R\$9.062,57	R\$20.582,07
Jun	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	5	R\$9.062,57	R\$29.644,64
Jul	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21			
Ago	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	TIR	50%	
Set	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	VPL	R\$25.157,23	
Out	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21	Payback	1,73	
Nov	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21			
Dez	650	R\$ 1.510,43	R\$ 755,21			
		R\$ 18.125,14	R\$ 9.062,57			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 25, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 650 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.510,43 para R\$ 755,21, e o anual de R\$ 18.125,14 para R\$ 9.062,57. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 50%, um VPL de R\$ 25.157,23 e um payback por cerca de 1,73 anos.

Figura 25 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 700 kWh

Bifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	0	-R\$16.489,60	-16.489,60
Fev	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	1	R\$9.747,45	-R\$6.742,15
Mar	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	2	R\$9.747,45	R\$3.005,31
Abr	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	3	R\$9.747,45	R\$12.752,76
Mai	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	4	R\$9.747,45	R\$22.500,21
Jun	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	5	R\$9.747,45	R\$32.247,66
Jul	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29			
Ago	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	TIR	52%	
Set	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	VPL	R\$27.421,12	
Out	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29	Payback	1,69	
Nov	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29			
Dez	700	R\$ 1.624,58	R\$ 812,29			
		R\$ 19.494,91	R\$ 9.747,45			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 26, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 700 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.624,58 para R\$ 812,29, e o anual de R\$ 19.494,91 para R\$ 9.747,45. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 52%, um VPL de R\$ 27.421,12 e um payback por cerca de 1,69 anos.

Figura 26 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 750 kWh

Bifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	0	-R\$17.393,00	-17.393,00
Fev	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	1	R\$10.432,34	-R\$6.960,66
Mar	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	2	R\$10.432,34	R\$3.471,68
Abr	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	3	R\$10.432,34	R\$13.904,01
Mai	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	4	R\$10.432,34	R\$24.336,35
Jun	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	5	R\$10.432,34	R\$34.768,69
Jul	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36			
Ago	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	TIR	53%	
Set	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	VPL	R\$29.603,02	
Out	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36	Payback	1,67	
Nov	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36			
Dez	750	R\$ 1.738,72	R\$ 869,36			
		R\$ 20.864,68	R\$ 10.432,34			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 27, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 750 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.738,72 para R\$ 869,36, e o anual de R\$ 20.864,68 para R\$ 10.432,34. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 53%, um VPL de R\$ 29.603,02 e um payback por cerca de 1,67 anos.

Figura 27 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 800 kWh

Trifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	0	-R\$17.393,00	-17.393,00
Fev	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	1	R\$11.117,22	-R\$6.275,78
Mar	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	2	R\$11.117,22	R\$4.841,45
Abr	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	3	R\$11.117,22	R\$15.958,67
Mai	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	4	R\$11.117,22	R\$27.075,89
Jun	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	5	R\$11.117,22	R\$38.193,12
Jul	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44			
Ago	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	TIR	57%	
Set	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	VPL	R\$32.688,32	
Out	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44	Payback	1,56	
Nov	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44			
Dez	800	R\$ 1.852,87	R\$ 926,44			
		R\$ 22.234,45	R\$ 11.117,22			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 28, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 800 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.852,87 para R\$ 926,44, e o anual de R\$ 22.234,45 para R\$ 11.117,22. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 57%, um VPL de R\$ 32.688,32 e um payback por cerca de 1,56 anos.

Figura 28 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 850 kWh

Trifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	0	-R\$18.214,40	-18.214,40
Fev	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	1	R\$11.802,11	-R\$6.412,29
Mar	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	2	R\$11.802,11	R\$5.389,82
Abr	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	3	R\$11.802,11	R\$17.191,93
Mai	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	4	R\$11.802,11	R\$28.994,03
Jun	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	5	R\$11.802,11	R\$40.796,14
Jul	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51			
Ago	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	TIR	58%	
Set	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	VPL	R\$34.952,22	
Out	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51	Payback	1,54	
Nov	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51			
Dez	850	R\$ 1.967,02	R\$ 983,51			
		R\$ 23.604,22	R\$ 11.802,11			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 29, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 850 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 1.967,02 para R\$ 983,51, e o anual de R\$ 23.604,22 para R\$ 11.802,11. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 58%, um VPL de R\$ 34.952,22 e um payback por cerca de 1,54 anos.

Figura 29 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 900 kWh

Trifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	0	-R\$19.035,80	-19.035,80
Fev	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	1	R\$12.486,99	-R\$6.548,81
Mar	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	2	R\$12.486,99	R\$5.938,19
Abr	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	3	R\$12.486,99	R\$18.425,18
Mai	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	4	R\$12.486,99	R\$30.912,18
Jun	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	5	R\$12.486,99	R\$43.399,17
Jul	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58			
Ago	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	TIR	59%	
Set	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	VPL	R\$37.216,12	
Out	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58	Payback	1,52	
Nov	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58			
Dez	900	R\$ 2.081,17	R\$ 1.040,58			
		R\$ 24.973,99	R\$ 12.486,99			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 30, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 900 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 2.081,17 para R\$ 1.040,58, e o anual de R\$ 24.973,99 para R\$ 12.486,99. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 59%, um VPL de R\$ 37.216,12 e um payback por cerca de 1,52 anos.

Figura 30 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 950 kWh

Trifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	VPL
Jan	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	0	-R\$19.857,20	-19.857,20
Fev	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	1	R\$13.171,88	-R\$6.685,32
Mar	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	2	R\$13.171,88	R\$6.486,56
Abr	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	3	R\$13.171,88	R\$19.658,44
Mai	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	4	R\$13.171,88	R\$32.830,32
Jun	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	5	R\$13.171,88	R\$46.002,20
Jul	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66			
Ago	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	TIR	60%	
Set	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	VPL	R\$39.480,02	
Out	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66	Payback	1,51	
Nov	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66			
Dez	950	R\$ 2.195,31	R\$ 1.097,66			
		R\$ 26.343,76	R\$ 13.171,88			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 31, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 950 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 2.195,31 para R\$ 1.097,66, e o anual de R\$ 26.343,76 para R\$ 13.171,88. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 60%, um VPL de R\$ 39.480,02 e um payback por cerca de 1,51 anos.

Figura 31 – Gasto com energia de uma residência com consumo de 1.000 kWh

Trifásica	Gasto kWh	Total (R\$)	Gasto de energia com painéis solares	Ano	Fluxo	Payback
Jan	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	0	-R\$20.678,60	-20.678,60
Fev	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	1	R\$13.856,76	-R\$6.821,84
Mar	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	2	R\$13.856,76	R\$7.034,93
Abr	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	3	R\$13.856,76	R\$20.891,69
Mai	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	4	R\$13.856,76	R\$34.748,46
Jun	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	5	R\$13.856,76	R\$48.605,22
Jul	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73			
Ago	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	TIR	61%	
Set	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	VPL	R\$41.743,92	
Out	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73	Payback	1,49	
Nov	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73			
Dez	1.000	R\$ 2.309,46	R\$ 1.154,73			
		R\$ 27.713,53	R\$ 13.856,76			

Fonte: Autor, 2019.

Conforme demonstrado na Figura 32, esse seria o gasto mensal e anual de uma residência com consumo de 1.000 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor mensal vai variar de R\$ 2.309,46 para R\$ 1.154,73, e o anual de R\$ 27.713,53 para R\$ 13.856,76. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstram uma TIR de 61%, um VPL de R\$ 41.743,92 e um payback por cerca de 1,49 anos.

Quadro 6 – Comparativo das residências.

Gasto kWh	Total	Gasto Energia c/ painéis	VPL	TIR	Payback
100	R\$ 3.057,66	R\$ 1.528,83	R\$254,34	5%	4,34
150	R\$ 4.427,43	R\$ 2.213,72	R\$2.518,24	15%	3,37
200	R\$ 5.797,20	R\$ 2.898,60	R\$4.782,14	22%	2,86
250	R\$ 7.166,97	R\$ 3.583,49	R\$7.046,03	28%	2,54
300	R\$ 8.536,74	R\$ 4.268,37	R\$6.885,85	26%	2,77
350	R\$ 9.906,51	R\$ 4.953,26	R\$11.573,83	36%	2,17
400	R\$ 11.276,28	R\$ 5.638,14	R\$13.837,73	40%	2,05
450	R\$ 12.646,05	R\$ 6.323,03	R\$16.019,63	42%	1,97
500	R\$ 14.015,82	R\$ 7.007,91	R\$18.365,53	45%	1,88
550	R\$ 15.385,59	R\$ 7.692,80	R\$20.629,43	47%	1,82
600	R\$ 16.755,37	R\$ 8.377,68	R\$22.893,33	49%	1,77
650	R\$ 18.125,14	R\$ 9.062,57	R\$25.157,23	50%	1,73
700	R\$ 19.494,91	R\$ 9.747,45	R\$27.421,12	52%	1,69
750	R\$ 20.864,68	R\$ 10.432,34	R\$29.603,02	53%	1,67
800	R\$ 22.234,45	R\$ 11.117,22	R\$32.688,32	57%	1,56
850	R\$ 23.604,22	R\$ 11.802,11	R\$34.952,22	58%	1,54
900	R\$ 24.973,99	R\$ 12.486,99	R\$37.216,12	59%	1,52
950	R\$ 26.343,76	R\$ 13.171,88	R\$39.480,02	60%	1,51
1.000	R\$ 27.713,53	R\$ 13.856,76	R\$41.743,92	61%	1,49

Fonte: do Autor, 2019.

Conforme demonstrado no Quadro 6, esse seria o gasto anual das residências com consumo entre 100 kWh e 1.000 kWh, além do valor a ser reduzido e cobrado após a instalação dos painéis solares. O valor anual de gasto com energia sem os painéis solares variou de R\$ 3.057,66 até R\$ 27.713,53. Já com a instalação dos painéis solares, e com expectativa de redução de no mínimo 50%, o valor variou de R\$ 1.528,83 até 13.856,76. Além disso, o investimento nas instalações dos painéis demonstrou uma variação na TIR de 5% até 61% nas residências, um VPL de R\$ 254,34 até R\$ 41.743,92 e um payback de 1,49 anos até 4,34 anos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia solar é uma das mais abundantes de todo o planeta Terra, sendo uma fonte ilimitada e de fácil acesso. Por conta disso, diariamente encontra-se cada vez mais residências com painéis solares instalados, isso se deve muito ao fato das altas tarifas cobradas pelo uso da energia elétrica. A questão ambiental também se destaca, devido ao fato de não agredir o meio ambiente.

O problema de pesquisa desse estudo era evidenciar a partir de qual consumo de energia é viável a implantação de painéis solares fotovoltaicos em residências. Com os projetos desenvolvidos no município de Horizontina/RS, se identificou que residências que possuem, em média, 50 kWh e 100 kWh de consumo não são viáveis para instalar painéis solares, visto que o primeiro não possui uma utilização considerável de energia e paga basicamente taxas da rede, enquanto que o segundo possui uma TIR de 5%, VPL de R\$ 254,34 e um payback de 4,34 anos.

Já as residências que possuem um consumo médio de 150 kWh a 1000 kWh, demonstraram serem viáveis para instalações de painéis solares. O VPL das dessas residências variou de R\$ 2.518,24 a R\$ 41.743,92, a uma taxa de 3,58%. A TIR teve uma variação menor, ficando entre 15% e 61%, sendo que o payback dos investimentos obteriam retorno de 1 a 3 anos.

Para atingir o objetivo geral desse estudo, foi necessário elencar objetivos específicos, os quais foram realizados individualmente. Primeiramente foi demonstrado a viabilidade da implantação de painéis solares, baseados em simulações efetuadas de acordo com o consumo médio de energia das residências; O segundo item analisado foi o VPL, demonstrando o ganho financeiro dos investimentos; a seguir foi realizado o cálculo da TIR, estabelecendo a rentabilidade das simulações, e por fim, o payback estabelecendo o tempo de retorno esperado.

A intenção dos estudo realizado, além de responder ao problema e atingir o objetivo geral, foi de formar uma base de informações para futuros estudos. Além disso, como forma de dar sequência ao estudo realizado, propõem-se a realizar a viabilidade de implantação de painéis solares em empresas e propriedades rurais, como forma de reduzir a energia gasta na produção dos bens e serviços. Outra

sugestão é analisar a viabilidade da implantação de uma usina solar na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Uso de energia solar em residências cresce 70%**. Disponível em: < <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/uso-de-energia-solar-em-residencias-cresce-70.html> >. Acesso em Outubro de 2019.

AGENCIA BRASIL. **Onu diz que população mundial chegara a 86 bilhões de pessoas em 2030**. Disponível em: < <http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-06/onu-diz-que-populacao-mundial-chegara-86-bilhoes-de-pessoas-em-2030> >. Acesso em Junho de 2019.

ANEEL. **Energia Solar**. 2000. Disponível em: < [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf) >. Acesso em Junho de 2019.

ANEEL. **Resolução Normativa Nº 414**. 2010. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> >. Acesso em Dezembro de 2019.

ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482**. 2012. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf> >. Acesso em Junho de 2019.

ASSAF, Alexandre Neto. **Matemática financeira: educação universitária**. São Paulo: Atlas, 2017.

AVENI, Alessandro. **Empreendedorismo contemporâneo: teorias e tipologias**. São Paulo: Atlas, 2014.

BLUESOL. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**. 2019. Disponível em: < <http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf> >. Acesso em Junho de 2019.

CAMLOFFSKI, Rodrigo; **Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas**. São Paulo : Atlas, 2014.

CANALTECH. **Maior usina solar do mundo entra em funcionamento nos Estados Unidos**. Disponível em: < <https://canaltech.com.br/meio-ambiente/Maior-usina-solar-do-mundo-entra-em-funcionamento-nos-Estados-Unidos/> >. Acesso em Maio de 2019.

COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ENTRE RIOS LTDA. **A CERTHIL**. Disponível em < <http://www.certhil.com.br/a-certhil> >. Acesso em Outubro de 2019.

CONTÁBEIS. **O que é e como Calcular o Payback?**. 2016. Disponível em: < <https://www.contabeis.com.br/noticias/30249/o-que-e-e-como-calcular-o-payback/> >. Acesso em Novembro de 2019.

ENERGY, Leonardo. **2016: um Marco para o Setor Fotovoltaico com a Publicação de Normas para os Sistemas de Geração Fotovoltaica no Brasil**. Disponível em: < <https://www.leonardo-energy.org.br/noticias/2016-um-marco-para-o-setor-fotovoltaico-com-a-publicacao-de-normas-para-os-sistemas-de-geracao-fotovoltaica-no-brasil/> >. Acesso em Novembro de 2019.

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Energia solar deve crescer 44% no Brasil em 2019 com impulso de geração distribuída**. 2019 .Disponível em: < <https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2019/01/epoca-negocios-energia-solar-deve-crescer-44-no-brasil-em-2019-com-impulso-de-geracao-distribuida.html> >. Acesso em Novembro de 2019.

FEIJÓ, Ricardo Luis Chaves. **Matemática financeira com conceitos econômicos e cálculo diferencial: utilização da HP-12C e planilha Excel**. Ricardo Luis Chaves Feijó. – 2. ed. – São Paulo: Atlas, 2015.

HAAG, Rafael. et al. **Atlas Solar do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UERGS, 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva MARIA. **Técnicas de pesquisa : planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5. ed. São Paulo : Atlas, 2002.

HERNANDEZ NETO, Alberto. et al. **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. - 1. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2019.

PORTAL ENERGIA. **Energia Fotovoltaica: manual sobre tecnologias, projeto e instalação**. 2004. Disponível em: < <https://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf> >. Acesso em Junho de 2019.

PORTAL SOLAR. **Tipos de Painel Solar Fotovoltaico**. 2018. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html> >. Acesso em Junho de 2019.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar gera economia de 50% e 95% na conta de luz**. 2017. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/energia-solar-gera-economia-de-50-e-95-na-conta-de-luz.html> >. Acesso em Outubro de 2019.

SANTOS, Izequias Estevam dos. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. - 5. ed. - Niterói, RJ : Impetus, 2005.

SOLSTICIO ENERGIA. **Análise De Ciclo De Vida: Paineis Fotovoltaicos.**  
Disponível em: < <https://www.solsticioenergia.com/2017/11/25/impacto-da-energia-solar-meio-ambiente/> >. Acesso em Dezembro de 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.**  
- 15. ed. - São Paulo : Atlas, 2014.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia solar fotovoltaica : conceitos e aplicações.**  
- 2. ed. – São Paulo : Érica, 2015.