

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**GABRIELE BARRILARI FERREIRA**

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA  
DE RASTREAMENTO SOLAR SMARTFLOWER**

**Alegrete  
2023**

**GABRIELE BARRILARI FERREIRA**

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA  
DE RASTREAMENTO SOLAR SMARTFLOWER**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Dr. Fladimir Fernandes dos Santos

**Alegrete  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

F117a Ferreira, Gabriele Barrilari

AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM  
SISTEMA DE RASTREAMENTO SOLAR SMARTFLOWER / Gabriele  
Barrilari Ferreira.

67 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA ELÉTRICA,  
2023.

"Orientação: Fladimir Fernandes dos Santos".

1. Energia Fotovoltaica. 2. Rastreador Solar. 3.  
Viabilidade Econômica. 4. Sistemas Fotovoltaicos. I.  
Título.

**GABRIELE BARRILARI FERREIRA**

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
RASTREAMENTO SMARTFLOWER**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Bacharela em  
Engenharia Elétrica.

Trabalho defendido e aprovado em: 7 de dezembro de 2023.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos

Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Carboni de Mello

---

Prof. Dr. Guilherme Sebastião da Silva

Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete

2023



Assinado eletronicamente por **GUILHERME SEBASTIAO DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/12/2023, às 14:41, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ANA PAULA CARBONI DE MELLO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/12/2023, às 14:41, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FLADIMIR FERNANDES DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/12/2023, às 14:44, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1313674** e o código CRC **BB362F19**.

Dedico este trabalho aos meus pais Daici e Odon, minha irmã Patricia e sobrinha Andressa por todo o suporte, os maiores incentivadores dos meus sonhos, sem eles nada seria possível.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente e essencialmente a minha família, que me dedicou todo o apoio e estrutura para estar finalizando a graduação em Engenharia Elétrica, sou grata por todo o cuidado, paciência e amor dos meus pais, Daici e Odon, minhas irmãs Patricia e Melissa, a minha sobrinha Andressa, a caramelo Chica Maria e a Deus, por me permitir chegar até aqui.

Ao meu orientador, professor Dr. Fladimir Fernandes dos Santos que aceitou me orientar neste trabalho, por desempenhar seu trabalho de forma impecável e principalmente por toda a ajuda, apoio e incentivo, sem medir esforços, sendo fundamental para que eu conseguisse finalizar este trabalho.

Aos meus amigos próximos pelo suporte emocional necessário. Principalmente a todos os colegas que se tornaram amigos ao longo da graduação, as experiências compartilhadas, os momentos de alegria, o apoio e os conselhos em cada momento difícil e os valiosos ensinamentos que vou levar comigo para sempre.

Por último, e não menos importante, agradeço à Unipampa e a todos os professores e colaboradores, enaltecendo a Marcele Finamor dos Santos, que foi essencial nesse final da graduação, seria impossível estar aqui hoje sem vocês que são uma parte muito importante e relevante da minha caminhada como engenheira e como pessoa.

“Nada é tão nosso como os nossos sonhos”.

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

O presente trabalho analisa a avaliação da viabilidade técnica e econômica do sistema de microgeração distribuída de energia fotovoltaica de rastreamento solar do tipo Smartflower conectado à rede, por meio da instalação em uma unidade consumidora B2 – rural, com ligação monofásica 220 V, na região de Alegrete - RS. Com o objetivo de determinar a rentabilidade do projeto, levou-se em consideração a influência das bandeiras tarifárias e reajustes anuais das tarifas sofre a concessionária de energia elétrica vigente na região. O estudo propõe-se apresentar a possível redução no valor da fatura, aliado a rentabilidade proporcionada pela geração do sistema fotovoltaico Smartflower, o sistema foi dimensionado para suprir 100% do consumo anual desta unidade consumidora. Para realizar a viabilidade econômica, foram considerados: o custo do investimento pelo empreendedor, custos de operação e manutenção do sistema em função da vida útil dos componentes no espaço de tempo adotado no estudo, fundamentando nisso aplicou-se os conceitos e métodos de engenharia econômica, entre eles: Fluxo de caixa, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Payback Simples e Payback Descontado sendo baseados em uma Taxa Mínima Atrativa com base no valor médio inflacionário no Brasil. O projeto se apresentou tecnicamente viável, entretanto reprovou em todos os critérios da viabilidade econômica, não sendo possível obter o retorno financeiro no período estabelecido de 25 anos.

Palavras-Chave: Sistemas Fotovoltaicos. Smartflower. Viabilidade Econômica. Rastreamento Solar.

## **ABSTRACT**

This paper analyzes the technical and economic feasibility of a distributed photovoltaic micro-generation system with Smartflower-type solar tracking connected to the grid, by installing it in a rural B2 consumer unit, with a single-phase 220 V connection, in the Alegrete - RS region. In order to determine the profitability of the project, the influence of tariff flags and annual tariff adjustments suffered by the electricity concessionaire in the region were taken into account. The study aims to present a possible reduction in the value of the bill, combined with the profitability provided by the generation of the Smartflower photovoltaic system. The system was sized to supply 100% of the annual consumption of this consumer unit. In order to carry out the economic feasibility, the following were considered: the cost of the investment by the entrepreneur, the system's operating and maintenance costs based on the useful life of the components in the timeframe adopted in the study, based on which the concepts and methods of economic engineering were applied, including: Cash flow, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Simple Payback and Discounted Payback based on a Minimum Attractive Rate based on the average inflation rate in Brazil. The project proved to be technically viable, but failed all the economic viability criteria, as it was not possible to obtain a financial return within the established period of 25 years.

Keywords: Photovoltaic systems. Smartflower. Economic viability. Solar tracking.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Infográfico da evolução da energia fotovoltaica no Brasil .....	18
Figura 2 – Solar fotovoltaico e solar térmico .....	19
Figura 3 – Sistema Smartflower em funcionamento .....	23
Figura 4 – Sistema Smartflower na posição de segurança .....	24
Figura 5 – Sistema de baterias inteligentes do Smartflower .....	25
Figura 6 – Fluxo de Caixa .....	30
Figura 7 – Plataforma PVGIS para obtenção da geração do sistema .....	48
Figura 8 – Gráfico do Consumo versus a Geração .....	49
Figura 9 – Comparação do valor da fatura no primeiro ano .....	55
Figura 10 – Projeção das faturas para 25 anos.....	56
Figura 11 – Economia anual no horizonte de 25 anos .....	56
Figura 12 – Fluxo de caixa com o PS.....	59
Figura 13 – Comparativo entre a geração de um sistema Fixo versus Rastreador...60	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Inflação Histórica no Brasil (IPC) nos últimos 10 anos .....	38
Tabela 2 – Efeito dos reajustes tarifários .....	40
Tabela 3 – Critérios para avaliação da viabilidade econômica do projeto .....	41
Tabela 4 – Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> .dia) .....	44
Tabela 5 – Consumo de 12 meses.....	45
Tabela 6 – Parâmetros para o dimensionamento.....	46
Tabela 7 – Custo e percentual dos materiais no investimento inicial .....	47
Tabela 8 – Dados do inversor .....	47
Tabela 9 – Geração mensal do sistema Smartflower .....	49
Tabela 10 – Impostos presentes no cálculo de faturamento .....	51
Tabela 11 – Projeção bandeiras tarifárias para 2024.....	53
Tabela 12 – Parâmetros para o cálculo financeiro .....	54
Tabela 13 – Tarifas da concessionária de energia RGE Sul.....	54
Tabela 14 – Economia da fatura de energia elétrica .....	57
Tabela 15 – Valores de VPL e TIR para o sistema fotovoltaico Smartflower .....	58
Tabela 16 – Fluxo de Caixa para calcular o PS e o PD. ....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a. – Ao ano

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

BEN – Balanço Energético Nacional

CA – Corrente Elétrica Alternada

CC – Corrente Elétrica Contínua

CCEE – Câmara de comercialização de energia elétrica

COFINS – Contribuição para Financiamento de Seguridade Social

COPOM – Comitê de Política Monetária

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Britto

DPS – Dispositivo de Proteção Contra Surto

EPE – Empresa de Pesquisa e Energia

FCt – Fluxo de caixa de cada período t

GD – Geração Distribuída

GW – Giga Watt

GWp – Giga Watt-pico

HSP – Horas de Sol Pleno

ICMS – Imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços

IGP-M – Índice Geral de Preços do Mercado

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

kW – Quilowatt

kWh – Quilowatt-hora

kWh/m<sup>2</sup> – Quilowatt-hora por metro quadrado

kWp – Quilowatt-Pico

MME – Ministério de Minas e Energia

MPPT – Rastreador do Ponto de Máxima Potência

MW – Megawatt

MWp – Megawatt-Pico

NBR – Norma Brasileira  
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico  
PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público  
PD – Payback descontado  
PFV – Potência Fotovoltaica  
PIS – Programa de Integração Social  
PR – *Performance Ratio*  
PRODIST – Procedimentos de Distribuição  
PS – Payback simples  
REN – Resolução Normativa  
SELIC – Sistema Especial de Liquidação e de Custódia  
SF – Sistema Fotovoltaico  
SFCR – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede  
SFV – Sistema Fotovoltaico  
SFVCR – Sistema Fotovoltaico Conectados à Rede  
SIN – Sistema Interligado Nacional  
TE – Tarifa de Consumo de Energia  
TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição  
W – Watt  
W/m<sup>2</sup> – Watt por metro quadrado  
Wh/m<sup>2</sup> – Watt-hora por metro quadrado  
Wp – Watt-pico

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>16</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	16
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 Energia solar fotovoltaica</b> .....	<b>18</b>
2.1.1 Sistemas fotovoltaicos.....	19
2.1.2. Isenção de ICMS.....	20
2.1.3. Isenção de PIS e COFINS .....	21
2.1.4. Bandeiras tarifárias .....	21
2.1.5 Projeto do Sistema Fotovoltaico Smartflower .....	22
2.1.6 Dimensionamento Preliminar .....	26
2.1.7 Projeto Elétrico .....	27
2.1.8 Legislação e requisitos para conexão à rede .....	28
<b>2.2 Análise econômica do projeto</b> .....	<b>29</b>
2.2.1 Fluxo de caixa .....	30
2.2.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA) .....	31
2.2.3 Valor Presente Líquido (VPL) .....	31
2.2.4 Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	32
2.2.5 Payback Simples.....	33
2.2.6 Payback Descontado .....	33
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1 Etapas da pesquisa</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2 Primeira Prova – Viabilidade Técnica</b> .....	<b>36</b>
<b>3.3 Segunda Prova – Viabilidade Econômica</b> .....	<b>37</b>
<b>3.4 Critérios de Avaliação</b> .....	<b>41</b>
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>43</b>
<b>4.1 Primeira Prova – Viabilidade Técnica</b> .....	<b>43</b>
4.1.1 Localização .....	43
4.1.2 Potencial Solar .....	43
4.1.3 Taxa de Desempenho (PR – Performance Ratio) .....	44
4.1.4 Perfil do Consumidor .....	45
4.1.5 Dimensionamento do Sistema .....	46
<b>4.2 Segunda Prova – Viabilidade Econômica</b> .....	<b>50</b>
4.2.1 Cálculo do Faturamento .....	50
4.2.2 Projeção das Bandeiras Tarifárias .....	52
4.2.3 Fluxo de Caixa .....	53
4.2.4 Comparativo do sistema Smartflower com o sistema convencional.....	59
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em decorrência da crescente demanda por energia elétrica devido ao crescimento populacional, aos sucessivos aumentos de tarifa de energia elétrica convencionais cobradas pelas concessionárias e ao crescente cenário de potencial escassez dos recursos naturais, a necessidade de fontes renováveis de energia tem ganhado cada vez mais visibilidade no mercado energético nacional.

Os sistemas fotovoltaicos realizam um relevante papel nos projetos modernos de geração distribuída, visto que, a eletricidade é gerada diretamente no ponto de consumo, reduzindo as perdas de transmissão e seus custos, além de ser mais eficiente energeticamente. Um sistema de energia solar é uma tecnologia capaz de converter a radiação solar em energia elétrica. Existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Autônomos ou Isolados (Off-Grid) e Sistemas Conectados à rede elétrica (On-Grid).

O sistema elétrico brasileiro apresenta pouca diversidade na sua matriz energética, pois é majoritariamente abastecido por fontes de energia produzidas pelas hidrelétricas nas regiões sul, sudeste, centro-oeste, nordeste e parte da região norte, com aproximadamente 50,0% da produção brasileira. Mesmo com o crescimento do mercado fotovoltaico, atualmente, apenas 15,6% é oriunda das fontes de energia solar fotovoltaica (ABSOLAR, 2023).

Apesar da diminuição dos impactos ambientais, da eletrificação de regiões remotas e da descentralização da geração de energia elétrica, os sistemas fotovoltaicos encontram entraves em sua popularização. Os dois fatores que limitam a sua implementação atualmente são: o alto custo de produção e o baixo rendimento diante de outras fontes alternativas de energia.

Diante do exposto, na busca pelo aumento da eficiência dos sistemas fotovoltaicos, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o uso de rastreadores solares, os quais permitem manter os painéis fotovoltaicos sempre voltados para o sol, o que resulta no aumento da produção de energia elétrica. O presente trabalho aborda a viabilidade técnica e econômica da tecnologia solar fotovoltaica com rastreamento solar, conhecido como Smartflower, com localização na cidade de Alegrete - RS, em uma propriedade rural, abrangida pela concessionária na distribuição de energia elétrica Rio Grande Energia (RGE-Sul).

A motivação deste trabalho envolve o interesse da academia, de empresas de energia elétrica e de consumidores pela avaliação de uma estratégia de otimização da geração de energia solar a partir de um sistema de seguimento solar. Do ponto de vista ambiental é uma alternativa sustentável para a geração de energia elétrica, uma vez que a luz solar é uma fonte renovável e inesgotável, a instalação desse tipo de tecnologia visa promover melhorias ambientais, pois, não emite gases poluentes como: óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), que são prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, e responsáveis pelo aquecimento global.

Do ponto de vista técnico do projeto, pode-se enfatizar a aplicabilidade das diversas áreas de estudo da engenharia elétrica, dos quais destaca-se: o conhecimento de instalações elétricas e a busca por soluções mais eficientes. Ademais, aos profissionais registrados nos Creas são atribuídas as atividades profissionais de “estudo de viabilidade técnico-econômica e ambiental [...]” (Brasil, 2016, não paginado), o que também justifica a realização da presente pesquisa.

Em relação ao ponto de vista econômico, consiste na tomada de decisão do investimento, se é viável economicamente quando da utilização em uma localidade rural, e se o mesmo é capaz de suprir o consumo de energia elétrica da unidade consumidora rural, o que pode favorecer a expansão desta fonte de energia renovável.

Diante o exposto, na sequência tem-se apresentado os objetivos deste trabalho.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Avaliar a viabilidade técnica e a viabilidade econômica da implementação de um sistema de rastreamento solar Smartflower para uma instalação rural, considerando para a análise a instalação do sistema em solo.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Determinar a localidade da unidade consumidora em que o projeto será instalado;
- Delinear um projeto do sistema conectado à rede para a unidade estabelecida;
- Analisar a viabilidade técnica do projeto para localidade;

- Analisar a viabilidade econômica do projeto para a localidade.

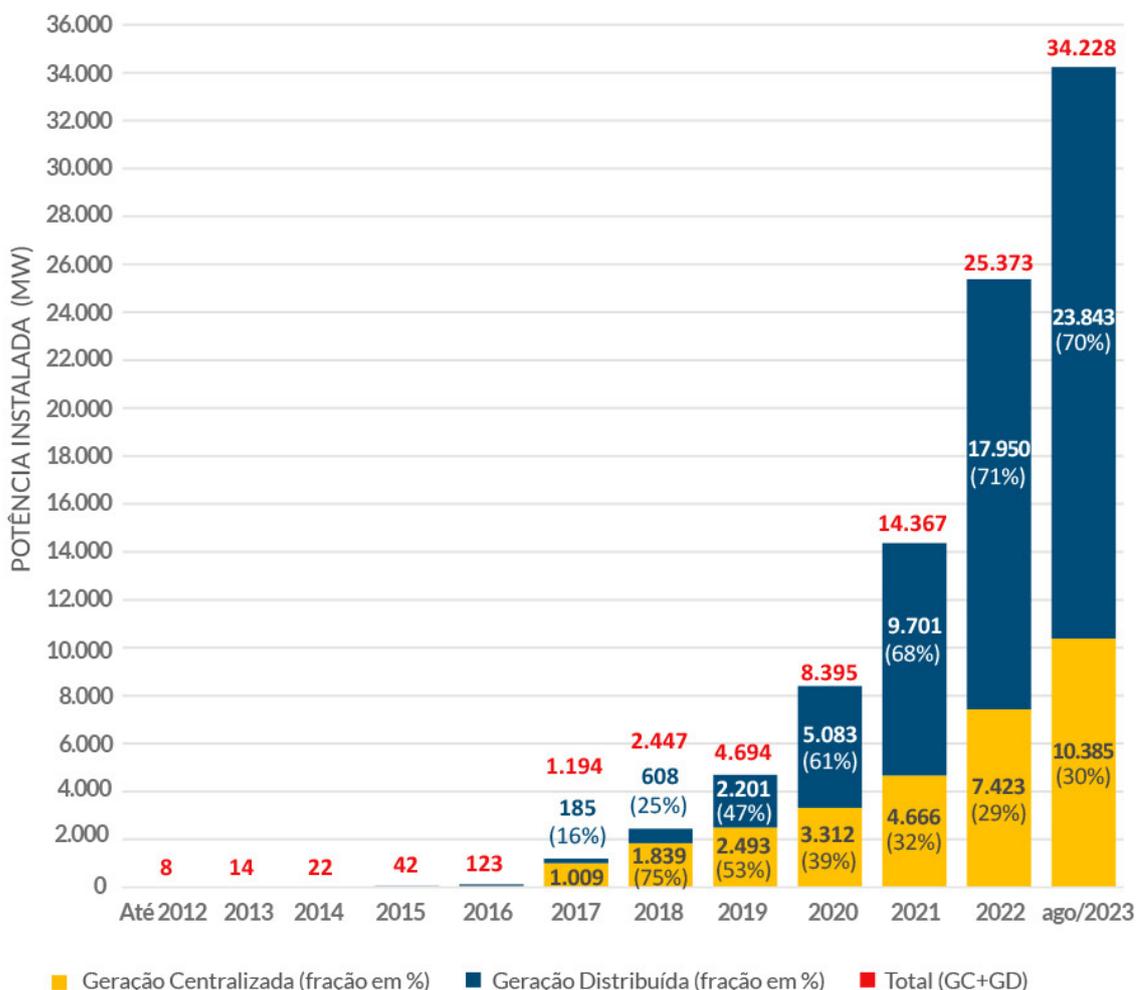
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica tem cada vez mais conquistado espaço no mercado elétrico por ser proveniente do sol, fonte primária de geração, é considerado o maior recurso energético que a humanidade possui e que tem tido crescimento significativo tanto no Brasil, quanto no mundo, além disso, é renovável e inesgotável

Apesar da matriz elétrica brasileira ainda ter muito que progredir em relação a participação da energia solar, no infográfico da Figura 1, é possível observar a evolução da energia fotovoltaica de 2012 até agosto de 2023, principalmente o notável crescimento nos últimos 5 anos. No Brasil, no ano de 2023, a potência instalada da tecnologia é em torno de 34 GW. Esse progresso, representa o panorama atual vivido no país e, o quanto está se destacando como uma fonte alternativa energética (Absolar, 2023).

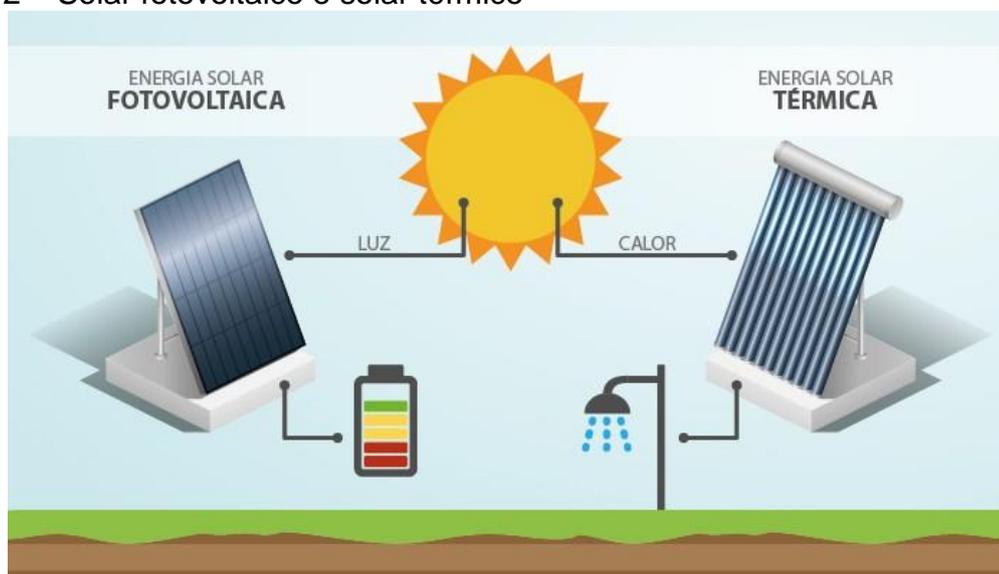
Figura 1 – Infográfico da evolução da energia fotovoltaica no Brasil



Fonte: ABSOLAR (2023, não paginado)

A energia solar pode ser convertida diretamente em energia elétrica com os painéis fotovoltaicos, ou pode ser transformada diretamente para o aquecimento de água, por meio de coletores solares de baixa e alta eficiência como pode ser visto na Figura 2 (Hernandez Neto, 2019).

Figura 2 – Solar fotovoltaico e solar térmico



Fonte: OCA SOLAR ENERGIA (2016, não paginado)

A conversão direta da radiação solar em energia é conhecida como energia fotovoltaica, decorrente do chamado efeito fotovoltaico, tal efeito é produzido quando a luz solar, através de seus fótons, é absorvida pela célula fotovoltaica, à qual é um material semicondutor, que transforma a radiação solar em corrente elétrica contínua. Esta corrente é processada por equipamentos controladores e inversores, onde são armazenadas em baterias, ou quando conectada à rede, enviadas para a distribuidora e revertidas em créditos. Esse tipo de energia pode ser produzido tanto em dias nublados, quanto em dias chuvosos (Villava, 2015).

### 2.1.1 Sistemas fotovoltaicos

Os sistemas de energia fotovoltaica estão em constante evolução, sendo um dos mercados que mais cresceu nos últimos anos no Brasil, sua tecnologia avança ano a ano, tornando o mercado cada vez mais diversificado e com novas tecnologias, podendo atender todo o consumo, por exemplo, de uma casa, empresa, agronegócio (Lopez, 2012). Esses sistemas podem ser classificados como (Villava, 2015):

- **Sistema isolado (Off-Grid):** faz uso de baterias para acumular a energia gerada a mais e usá-la quando não é possível produzir, não é conectado à rede da concessionária;

- **Sistema conectados à rede elétrica (On-Grid):** utiliza a energia da concessionária em dias de pouco sol, durante a noite e a energia excedente gerada durante o dia é injetada na rede da distribuidora e acumula créditos energéticos;
- **Sistema híbrido:** é um sistema conectado à rede que possui baterias, ou seja, a união dos sistemas On-Grid e do Off-Grid.

Os componentes que fazem parte desses sistemas irão depender da categoria ao qual são enquadrados, porém, geralmente são compostos por: módulos solares, materiais elétricos, estrutura/suporte, inversores, equipamentos de proteção e controladores de carga; tais componentes variam de acordo com a aplicação do sistema fotovoltaico (Villava, 2015).

Abaixo estão descritas as características dos componentes básicos de um sistema fotovoltaico (Pinho; Galdino, 2014).

- **Módulos fotovoltaicos:** fornecem a energia para o sistema quando a luz do sol incide sob as células fotovoltaicas, produzindo o efeito fotovoltaico, transformando a energia solar em eletricidade. São dimensionados de acordo com a demanda necessária.
- **Controladores de carga:** tem o objetivo de proteger o banco de baterias da corrente elétrica para evitar sobrecargas ou descargas excessivas, aumentando sua vida útil e desempenho.
- **Inversores:** são responsáveis por converter a energia elétrica, corrente contínua (CC). No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pelo sincronismo com a rede elétrica.
- **Baterias:** Armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há incidência de sol nas placas.

### 2.1.2. Isenção de ICMS

Conforme a Resolução Normativa nº 482/12 da ANEEL foi criado o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) o qual possibilitou que qualquer consumidor de energia gere sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, nas modalidades de mini e microgeração distribuídas (ANEEL, 2012).

O SCEE permite que o consumidor produza energia para uso próprio e o excedente do que for gerado seja injetado na rede de energia da concessionária local, gerando créditos que poderão ser utilizados até 60 meses para a compensação nas

faturas de energia, o consumidor fica com excedente de energia que pode ser distribuído no mesmo mês a outras unidades consumidoras com a mesma titularidade ou pode ser transformado em crédito para compensação do consumo dos meses seguintes (ANEEL, 2012).

A concessionária considera esse valor de energia injetada livre de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), entretanto, quando o consumidor utiliza os créditos disponíveis, a concessionária acaba cobrando o imposto ICMS sobre esse valor (Confaz, 2015).

O Conselho Nacional de Política e Fazenda (Confaz) publicou no diário oficial da união em 22 de abril de 2015 um documento intitulado de Convênio ICMS nº. 16/2015, e essa normativa autoriza os estados signatários a concederem isenção de ICMS na energia elétrica injetada na rede de distribuição, que posteriormente será consumida pela mesma unidade consumidora, entretanto, a isenção é limitada a uma potência instalada menor ou igual a 1 MW (Confaz, 2015).

### **2.1.3. Isenção de PIS e COFINS**

A partir de 4 de novembro de 2015, o CONFAZ mediante o Convênio ICMS 130/15, estabeleceu a isenção de PIS (Programa Integração Social)/PASEP (Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) na energia excedente que é injetada na rede elétrica de distribuição e transformada em créditos mediante o sistema de compensação (Confaz, 2015).

### **2.1.4. Bandeiras tarifárias**

O sistema de bandeiras tarifárias foi implantado em janeiro de 2015, regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), sendo um método que repassa ao consumidor final eventuais aumentos nos custos da geração de energia elétrica, com reajustes e alterações constantes. É considerado uma forma diferente de apresentar um custo que já estava na conta de energia, mas que geralmente passava despercebido (ANEEL, 2022).

Com esse objetivo tem-se as cores das bandeiras tarifárias, as quais indicam se a energia custará um valor maior ou um valor menor, em função das condições de geração de eletricidade, sendo assim este sistema é dividido em três tipos (ANEEL, 2022):

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,02989 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;
- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,065 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;
- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,09795 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

Vale destacar que, como no segundo semestre do ano de 2021 os reservatórios das Hidrelétricas do Sudeste e do Centro-Oeste operavam com somente 22,7% de sua capacidade de armazenamento, passou a existir também a Bandeira de Escassez Hídrica, que serviu para compensar o aumento do custo de geração durante os baixos níveis dos reservatórios que são responsáveis por 70% da geração hídrica do país. A tarifa adicional foi de R\$14,20 por 100 kWh consumidos.

### **2.1.5 Projeto do Sistema Fotovoltaico Smartflower**

Os sistemas fotovoltaicos convencionais são usualmente instalados em estruturas mecânicas fixas com perfis metálicos e têm limitação de geração, pois são fixos em uma só orientação, normalmente voltados para o Norte geográfico e com ângulo de inclinação igual a latitude local, exceto quando há limitações físicas do telhado ou terrenos (Farret, 2010).

Por meio do projeto do sistema fotovoltaico (SFV) pretende-se adequar o gerador fotovoltaico às necessidades de demanda exigidas pelo consumidor. Para implementação do SFV alguns fatores são avaliados como: orientação dos módulos, disponibilidade da área, estética, disponibilidade do recurso solar, demanda a ser atendida, entre outros fatores (Pinho; Galdino, 2014).

O Smartflower também chamado de girassol fotovoltaico, é um sistema completamente automático, consiste em módulos ou painéis fotovoltaicos acoplados a uma máquina sendo necessário somente instalá-lo e colocá-lo em funcionamento.

É uma tecnologia desenvolvida para se assemelhar a uma flor que acompanha a luz do sol durante o dia, capaz de seguir a movimentação do sol, emulando a natureza dos girassóis. Mas, ao contrário das flores, ela é capaz de perceber possíveis situações de risco, como ventanias e chuvas intensas, seu sistema inteligente faz com

que se recolha automaticamente para evitar danos ao equipamento (Canal Solar, 2021).

Ao ser ativado, o sistema Smartflower, representado pela Figura 3, se desdobra em quase 18 m<sup>2</sup> de painéis solares em forma de flor e se posiciona automaticamente de frente para sol, captando energia com maior eficiência (Smartflower, 2022).

Figura 3 – Sistema Smartflower em funcionamento



Fonte: SMARTFLOWER (2022, não paginado)

Quando o sol se põe, o sistema automaticamente retorna à posição de segurança, conforme a Figura 4. O equipamento pode ser iniciado e controlado manualmente a partir de uma tela instalada externamente. Resumindo, este equipamento é muito prático para instalações residenciais chegando a produzir até 3.200 kWh, ou seja, torna a captação de energia solar 40% mais eficiente (Genyx, 2022).

Figura 4 – Sistema Smartflower na posição de segurança



Fonte: SMARTFLOWER (2022, não paginado)

O equipamento necessita ter as informações precisas a respeito da latitude e longitude do local onde está será instalado, para se ter um melhor posicionamento em relação ao rastreamento do sol. O dispositivo controla permanentemente a velocidade do vento com um anemômetro incorporado, e quando detecta que superou certa velocidade, assume a posição de segurança para evitar danos ao equipamento. Além disso, o mecanismo de autolimpeza incorporado permite manter limpo o Smartflower e garante uma ótima captação de luz solar (Disole Energia, 2021).

A tecnologia possui um sistema de baterias inteligentes acoplados internamente, conforme a Figura 5, tais baterias fornecem o dobro de eletricidade reutilizável, carregam mais rápido e dispõem de uma vida útil maior comparada as baterias habituais. A opção do equipamento que é conectada à rede elétrica, possui uma capacidade de armazenamento de 2,3 kWh, ou a versão Off-Grid tem capacidade de armazenamento de 4,6 kWh (Smartflower, 2022).

Figura 5 – Sistema de baterias inteligentes do Smartflower



Fonte: SMARTFLOWER (2022, não paginado)

Para aproveitar a eficiência máxima dos sistemas fotovoltaicos, é preciso levar em consideração alguns fatores que podem afetar no seu desempenho, pode-se citar como sendo os mais relevantes, o rendimento dos módulos que varia ao longo do ano e conforme a localização geográfica, clima, inclinação dos módulos fotovoltaicos e aspectos físicos do local para evitar sombreamentos (Villava, 2015).

Os principais fatores que geralmente interferem na eficiência de geração de energia de um sistema fotovoltaico são: incidência solar, sombreamento, temperatura dos painéis, orientação e manutenção (Pinho; Galdino, 2014).

Incidência solar: interfere diretamente no desempenho do sistema fotovoltaico. Por isso, os painéis solares devem ser instalados de forma que recebam o máximo de radiação solar, e que sua inclinação no caso do Brasil e em outros países do hemisfério sul, seja direcionada para o norte. Também é indispensável verificar qual a melhor inclinação que os painéis precisam ter para o máximo aproveitamento do sol, principalmente nos horários das 09 às 15h (Cresesb, 2006).

Sombreamento: evitar áreas onde os módulos estejam suscetíveis a sombras, pois, estas interferem na eficiência da energia. Essa questão é muito relevante, visto que as células dos painéis sofrem com o bloqueio e conseqüentemente param de gerar corrente elétrica e assim funcionam mais como uma resistência (Pinho; Galdino, 2014).

Temperatura: como muitos pensam os sistemas fotovoltaicos não funcionam a partir do calor emitido sobre eles, mas a base de radiação solar, a partir disso, os painéis solares possuem o coeficiente de temperatura o qual deve indicar a qualidade da placa, que deve estar entre 0,35% e 0,47%, nos casos que esse coeficiente se encontra acima dessa porcentagem, os painéis são de baixa qualidade (Cresesb, 2006).

### 2.1.6 Dimensionamento Preliminar

O projeto de um sistema fotovoltaico propõe suprir uma determinada demanda, é indispensável um dimensionamento preliminar adequado para assim garantir confiabilidade ao usuário, segurança, funcionalidade e conservação de bens, baseado nisso, é fundamental a coleta de dados e execução de cálculos para obter a potência certa para suprir a demanda imposta pelo projeto. Os elementos principais para um correto dimensionamento de um sistema fotovoltaico são (Pinho; Galdino, 2014):

- Determinação da localização;
- Irradiação solar incidente;
- Levantamento do consumo e demanda energia elétrica;
- Estimativa da curva de carga;
- Disponibilidade de implementação do sistema em terra.

O primeiro passo para o dimensionamento de um sistema conectado à rede elétrica é determinar o quanto de energia se quer produzir, o qual pode ser determinado a partir do consumo médio mensal de eletricidade, tais dados podem ser obtidos na fatura de energia do consumidor. Também devemos levar em consideração se irá suprir integralmente ou parcialmente a demanda de energia elétrica onde será instalado o sistema (Villava, 2015).

A Equação (1) tem como finalidade calcular o consumo médio de energia elétrica, utilizando o histórico de faturas mensais do consumidor (Pinho; Galdino, 2014).

$$E_{CD} = \frac{C_{MM} - CD}{30} \quad (1)$$

Onde:

- $E_{CD}$  - Energia de compensação diária;

- $C_{MM}$  – Consumo médio mensal;
- CD – Custo de disponibilidade;
- 30 – Média de dias no mês.

Será também necessário conhecer o “Número de Horas de Sol Pleno” incidente no local (HSP), conforme Equação (2), qual se refere ao número de horas que a irradiância solar contínua é igual a  $1000 \text{ W/m}^2$  (Pinho; Galdino, 2014).

$$HSP = \frac{I_{med}}{1000 \text{ W/m}^2} \quad (2)$$

Onde:

- HSP - Número de Horas de Sol;
- $I_{med}$  – Irradiação media incidente no local;

Após ter conhecimento das horas de sol, da demanda e do consumo de energia elétrica, com essas informações, a potência do gerador fotovoltaico pode ser calculada a partir da Equação (3) adaptada (Pinho; Galdino, 2014).

$$P_{FV}(Wp) = \frac{(E_{CD}/TD)}{HSP_{MA}} \quad (3)$$

Onde:

- $P_{FV}$  (Wp) – Potência de pico do sistema;
- $E_{CD}$  (Wh/dia) – Consumo médio diário anual;
- $HSP_{MA}$  (h) – Média diária anual das horas de sol pleno incidente no plano do painel FV;
- TD (*adimensional*) – Taxa de desempenho, entre 0,7 e 0,8.

### 2.1.7 Projeto Elétrico

O projeto elétrico abrange desde o dimensionamento, a escolha dos condutores, as especificações dos equipamentos e dispositivos que serão utilizados, a norma NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa tensão, estabelece as regras que deverão ser respeitadas nos projetos de baixa tensão conectados à rede elétrica. Além disso, deverão ser analisados os seguintes itens durante o projeto elétrico do sistema fotovoltaico (Pinho; Galdino, 2014):

- Planejamento da interconexão dos componentes do sistema de forma eficaz, visando evitar perdas de energia;

- Adequação do projeto aos requisitos de segurança, com o propósito de tornar o projeto seguro sob o ponto de vista elétrico;
- Obedecer às normas e regulamentos técnicos aplicáveis para instalações elétricas (ABNT, ANEEL e distribuidora local).

### **2.1.8 Legislação e requisitos para conexão à rede**

A tecnologia fotovoltaica, que se tornou mais evidente desde a publicação da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, a qual tornou possível a geração distribuída com regime de compensação de energia elétrica, permitiu que fosse aberto um novo mercado da geração distribuída para determinadas fontes e certa capacidade. Essa resolução normativa estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e ao sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012).

O sistema de compensação possibilita injetar a energia excedente na rede de distribuição, para este ser abatido na conta no final do mês, ou no caso de o consumidor ter saldo positivo após a compensação, o mesmo poderá ser usado em até 60 meses (ANEEL, 2017).

Em 2021, a ANEEL revogou a REN nº 414/2010 e publicou a nova REN nº 1000/2021, que trata dos direitos e deveres dos consumidores de energia, tem como objetivo reorganizar as regras de prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica, com mudanças que afetam tanto consumidores cativos como livres, entre os principais pontos reunidos, estão (ANEEL, 2021):

- Contratação de energia elétrica por consumidor livre no Sistema Interligado Nacional (antiga REN 376/2009);
- Condições gerais de fornecimento de energia elétrica (antiga REN 414/2010);
- Ouvidoria (antiga REN 470/2011);
- Modelo e condições de atendimento de energia elétrica para comunidades isoladas (SIGFI / MIGDI, constava na antiga REN 493/2012);
- Condições de acesso ao sistema de distribuição (antiga REN 506/2012 + Procedimentos de Distribuição de energia elétrica – PRODIST 3;
- Bandeiras Tarifárias - Procedimentos comerciais (antiga REN 547/2013);
- Prestação de atividades acessórias pelas distribuidoras (antiga REN 581/2013);

- Modalidades de pré-pagamento e pós-pagamento eletrônico (antiga REN 610/2014);
- Aplicação da modalidade tarifária horária branca (antiga REN 733/2016);
- Recarga de veículos elétricos (antiga REN 819/2018).

Vale salientar que não há mudanças nas regras de participação financeira e o sistema de compensação continua conforme previsto na Resolução Normativa nº 482/2012, que continua em vigor.

Em 2016, a ANEEL aprimorou a REN nº 482/2012, possibilitando o uso de qualquer fonte de energia renovável conectado à rede de energia e também a cogeração qualificada, dessa maneira, ficou estabelecido (Moreira, 2022):

- **Microgeração distribuída:** central geradora fotovoltaica com potência nominal instalada menor ou igual a 75 kW, geralmente são os consumidores residenciais, comerciais e pequenas indústrias;
- **Minigeração distribuída:** central geradora com potência superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW, usualmente são os consumidores industriais e comerciais de grande porte.

Os PRODIST, elaborado pela ANEEL, estabelecem normas e procedimentos relacionados aos sistemas de distribuição, sendo assim, definem que o ponto de conexão das centrais geradoras deve ser no local mais próximo possível da entrada de energia elétrica do consumidor (Moreira, 2022).

O Módulo 3 do PRODIST, especifica que as etapas obrigatórias do projeto são as de acesso e parecer de acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição, sendo os principais citados na seção 3.7 do Módulo 3 (ANEEL, 2017):

- Etapas para viabilização de acesso;
- Critérios técnicos e operacionais e requisitos de projetos;
- Procedimentos de implementação e vistoria das instalações;
- Requisitos para operação, manutenção e segurança na conexão;
- Sistema de medição e Contratos.

## 2.2 Análise econômica do projeto

O presente trabalho aborda um estudo acerca da viabilidade técnica e econômica de um sistema solar smartflower, ou seja, rastreamento solar com eixo de mobilidade na região sul do Brasil, em uma área rural, conectado à rede elétrica, com

o intuito de estimar o custo de implementação a fim de obter uma projeção do comportamento para maior segurança do retorno do investimento.

Para tal, torna-se preciso delinear o fluxo de caixa do projeto de investimento, estipular uma taxa mínima atrativa (TMA) e aplicar os métodos de análise de viabilidade econômica. Dito isso, tais elementos são apresentados na sequência.

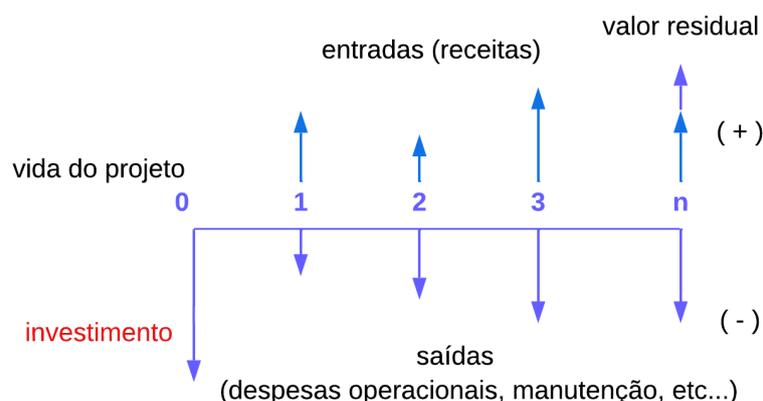
### 2.2.1 Fluxo de caixa

O fluxo de caixa é um dos elementos da engenharia econômica difícil e inexato, mas importante, pois, está relacionado ao sucesso financeiro do negócio. Apresenta entradas (receitas) e saídas (custos) de dinheiro no negócio com a finalidade de demonstrar de forma prática como se dará o investimento e quais serão as despesas e as receitas envolvidas. Além disso, o quanto de capital de giro será necessário investir, o prazo de retorno do investimento e, conseqüentemente, se será viável o investimento (Torres, 2016).

A representação gráfica das entradas e saídas de dinheiro em um determinado período de tempo ocorre por meio do diagrama de fluxo de caixa. Essa representação inclui as seguintes variáveis: saldo inicial, despesas, saídas e saldo de caixa final. Caso o saldo seja negativo, o investimento não será rentável, sendo positivo é possível investir no negócio (Blank, 2010).

Na Figura 6 pode-se visualizar como é feito o fluxo de caixa e quais as variáveis responsáveis pelo mesmo: onde, no eixo horizontal é representado o período de análise do projeto, ou seja, o instante inicial até o instante final no prazo que está sendo avaliado; e, na vertical é representado com setas para cima a quantidade de dinheiro retornado e com setas para baixo o valores de despesas (Hirschfeld, 2009).

Figura 6 – Fluxo de Caixa



Fonte: Adaptado de Pamplona e Montevechi (2006, p.8)

### 2.2.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A TMA é aplicada para a análise de investimentos, pois, trata-se de uma taxa de juros comparativa e prefixada, podendo ser vista como o mínimo de retorno que o investidor está disposto a receber pelo projeto implementado. Em investimentos a longo prazo a TMA passa a ser uma meta estratégica (Camloffski, 2014).

Em um projeto de investimento deve-se levar em consideração que o investidor pode estar perdendo de obter os resultados da aplicação do capital se tivesse investido em outros projetos. Os três componentes básicos para a análise dessa taxa são o custo de oportunidade, o risco de negócio e a liquidez (Casarotto Filho; Kopittke, 2010).

Para a análise de investimentos deve-se estabelecer a taxa de juros do mercado como uma base para estimativa, as taxas que mais impactam são: Taxa Básica Financeira (TBF), Taxa Referencial (TR), Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) e Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) (Clemente; Souza, 2008).

### 2.2.3 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL é um método que converte em valores atuais os fluxos de caixa do projeto, pois constitui numa estimativa de lucro em relação ao investimento (Braga, 1988).

Esse método é uma técnica que considera o valor do dinheiro no tempo, e o cálculo do VPL é realizado a partir da Equação (4) a qual, segundo Gitman (2004), subtrai-se o investimento inicial de um projeto, do valor presente de suas entradas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo de capital.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (4)$$

Onde:

- $VPL$ : Valor presente líquido;
- $FC_t$ : Fluxo de caixa de cada período de tempo;
- $I_0$ : Investimento inicial;
- $t$ : Período de tempo;
- $i$ : Taxa mínima de atratividade.

De acordo com Cherobim *et al.* (2002), para um projeto ser aceito deve-se seguir a regra do valor presente líquido a qual define que se o VPL for positivo o projeto deve ser aceito, porém, se for negativo, o projeto deve ser rejeitado.

Como qualquer outra ferramenta de análise o VPL é utilizado para tomada de decisões de aprovação ou reprovação, e tem como critérios a serem levados em consideração (Gitman, 2004):

- VPL = 0: o empreendimento não terá retorno e nem prejuízo econômico, a decisão de investir fica por conta dos investidores, entretanto ainda pode ser considerado uma alternativa viável;
- VPL > 0: o empreendimento é considerado interessante, visto que além de ter o retorno do valor investido, também terá retorno para o investidor;
- VPL < 0: o empreendimento não é viável, ou seja, não haverá retorno do investimento, assim sendo rejeitado.

Por ser uma das ferramentas mais completas na análise de investimentos, o VPL indicará o caminho correto que o investidor deverá seguir para o sucesso do projeto ao qual está investindo.

#### 2.2.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR trata-se de um indicador financeiro para analisar se o projeto é viável ou não, ou seja, mede a rentabilidade do investimento, é uma taxa de juros calculada a partir das entradas e saídas do fluxo de caixa, considerando o VPL igual a zero. Geralmente o valor do investimento é o valor inicial no tempo do fluxo de caixa (Casarotto Filho; Kopittke, 2010).

Para esse propósito a TIR pode ser determinada pela Equação (5) (BUARQUE, 1984):

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 \quad (5)$$

Onde:

- *TIR*: Taxa interna de retorno;
- $FC_t$ : Fluxo de caixa de cada período de tempo;
- $I_0$ : Investimento inicial;
- $t$ : Período de tempo.

De acordo com Bordeaux-Rego (2010) os critérios aplicados no método para a tomada de decisão da TIR são:

- 1)  $TIR = TMA$  o projeto não terá nem prejuízo e nem retorno ( $VPL = 0$ );
- 2)  $TIR < TMA$  o projeto deve ser recusado ( $VPL < 0$ );
- 3)  $TIR > TMA$  o projeto é viável, já que alcança o retorno mínimo considerado ( $VPL > 0$ ).

### 2.2.5 Payback Simples

O *Payback Simples* é uma técnica tradicional de orçamento que consiste na determinação do tempo necessário para o recuperar o investimento feito em um projeto desprezando qualquer taxa de desconto (Bruni; Famá, 2007). Para calcular esse método basta somente somar os fluxos de caixa gerados até coincidir com o valor inicial do investimento (Alves; Azevedo; Mattos, 2017).

Conforme Bruni e Famá (2017), os critérios de decisão de aprovação com base no *Payback Simples* são:

- *Payback Simples* < prazo máximo de recuperação do capital investido, o projeto deve ser aceito;
- *Payback Simples* = prazo máximo de recuperação do capital investido, é indiferente aceitar ou não o projeto;
- *Payback Simples* > prazo máximo de recuperação do capital investido, o projeto deve ser rejeitado.

### 2.2.6 Payback Descontado

O *Payback Descontado* é similar ao *Payback Simples*, entretanto, esse método considera o valor do dinheiro no tempo aplicado à taxa mínima de atratividade no desconto do fluxo de caixa. Esse método é o mais recomendado, pois, avalia a viabilidade do investimento e também apresenta um período de retorno estimado como parâmetro (Bordeaux-Rego *et al.*, 2010).

A Equação (6), demonstra como é efetuado o cálculo (Bordeaux-Rego *et al.*, 2010):

$$VP(\text{período}) = \frac{\text{Fluxo de caixa}(\text{período})}{(1 + TMA)^{\text{período}}} \quad (6)$$

Onde:

- Período: anos ou meses;

- VP: valor presente no período (R\$);
- Fluxo de caixa: fluxo de caixa no período (R\$);
- TMA: Taxa mínima atrativa;

Conforme o *Payback* Simples, os critérios de decisão de aprovação do projeto são os mesmo para o *Payback* Descontado.

### **3 METODOLOGIA**

Em virtude do crescente interesse em fontes alternativas de geração de energia elétrica, a metodologia desse trabalho envolve a avaliação técnica-econômica da implementação de um sistema Smartflower conectado à rede, considerando a demanda de uma unidade consumidora em área rural, na localidade de Alegrete - RS.

Em relação aos sistemas fotovoltaicos, considera-se como investimento inicial a compra dos equipamentos que irão compor o sistema. Como receitas os valores economizados mensalmente nas faturas de energia e as despesas sendo os pagamentos efetuados para a execução e manutenção do projeto.

Para obter os objetivos propostos, foi feito um levantamento bibliográfico e exploratório para, dessa forma, auxiliar na compreensão acerca de sistemas fotovoltaicos e na análise de viabilidade técnica e econômica.

Na perspectiva da abordagem do problema, a presente pesquisa é caracterizada como quantitativa, pois a avaliação é mensurada numericamente por meio dos dados, com a análise dos aspectos técnicos-econômicos do sistema fotovoltaico projetado.

Para a coleta de dados foram utilizados dados referentes ao histórico de consumo de energia elétrica da unidade consumidora, localização do projeto, índice de irradiação solar, temperatura ambiente, ângulos de inclinação e valores econômicos e financeiros para a implementação do projeto fotovoltaico.

Na análise econômica foi desenvolvida a análise com a aplicação de alguns métodos da engenharia econômica, tais como a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) o *Payback* Simples e o *Payback* Descontado, tendo como auxílio o Fluxo de Caixa e a Taxa Mínima Atrativa (TMA).

Ao longo desse tópico tem-se descritas as etapas da pesquisa realizada, bem como os métodos e procedimentos aplicados para o desenvolvimento do trabalho, tendo em vista alcançar os objetivos propostos na pesquisa.

#### **3.1 Etapas da pesquisa**

As etapas da pesquisa são apresentadas com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e posterior análise econômica do investimento no sistema fotovoltaico Smartflower.

Para a realização da pesquisa foi considerada a participação da engenharia em todas as tomadas de decisões, envolvendo duas provas: a análise de viabilidade técnica e a análise de viabilidade econômica do projeto, conforme foi estabelecido em Buarque (1984), sendo explicadas na sequência.

### **3.2 Primeira Prova – Viabilidade Técnica**

A primeira prova aborda questões técnicas, as quais envolvem os cálculos necessários para o correto dimensionamento dos equipamentos que integram o projeto de um sistema fotovoltaico Smartflower conectado à rede de energia. Dessa maneira se fez necessário conhecer a classificação da instalação do consumidor, o consumo médio de energia elétrica, os valores de irradiação solar, temperatura ambiente, latitude e longitude do local da instalação. Para a simulação e o orçamento do sistema proposto, tais elementos são considerados essenciais. Diante disso, com base em Pinho e Galdino (2014) foram estabelecidas as seguintes etapas:

**1ª etapa:** foi escolhido o local de instalação do SFCR e, conseqüentemente, obteve-se a latitude e longitude.

**2ª etapa:** estabeleceu-se a classe de instalação do consumidor, o tipo de fornecimento de energia (Monofásico, Bifásico ou Trifásico), os impostos cobrados na região da fronteira oeste, a média de consumo mensal do cliente, para dessa forma atender 100% do consumo anual.

**3ª etapa:** foi calculada a média de irradiação solar mensal, simulando os ângulos de latitude e longitude da instalação na ferramenta *SunData*, no site do CRESESB, e assim foram obtidos os melhores índices de captura da irradiação diária média (kWh/m<sup>2</sup>.dia).

**4ª etapa:** aplicou-se a Equação (1) para estabelecer a energia de compensação diária (ECD) para o sistema a partir do consumo médio de energia elétrica, utilizando o histórico de faturas mensais do consumidor.

**5ª etapa:** calculou-se a média de horas de sol pleno (HSP) a partir da Equação (2), sendo que o HSP se refere ao número de horas em que a irradiância solar permanece constante e igual a 1 kW/m<sup>2</sup>.

**6ª etapa:** definiu-se um valor para a Taxa de Desempenho (TD), o qual, para o Brasil, varia de 0,7 até 0,8.

**7ª etapa:** a partir da Equação (3) foi definida a potência do micro gerador fotovoltaico Smartflower.

Com o valor de potência determinado, foi realizada a consulta no catálogo do Smartflower para determinar a quantidade de equipamentos necessários para satisfazer a potência mais próxima da calculada.

### **3.3 Segunda Prova – Viabilidade Econômica**

A segunda prova abrangeu a parte da viabilidade econômica, a fim de obter informações suficientes quanto ao projeto, de maneira a ajudar o investidor na decisão quanto a aplicação de seus recursos financeiros.

O consumidor analisado é atendido pela distribuidora Rio Grande Energia (RGE-Sul), baseado nisso, foram considerados os seguintes parâmetros da concessionária:

- **Tarifa Convencional Monômnia:** tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia, levando em conta os valores atuais da Tarifa de Consumo de Energia (TE) e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) sem impostos;
- **Reajuste Tarifário Anual:** considerando o reajuste médio dos últimos 5 anos, foi definido o reajuste anual futuro, aplicado a TE e TUSD;
- **Tributos:** os tributos que compõe a tarifa de energia são do Governo Federal (PIS/COFINS), Estadual (ICMS) e Municipal (Iluminação Pública);
- **Bandeira Tarifária:** considerou-se uma projeção de bandeira tarifária e aplicou-se ao longo dos 25 anos, visto que, é tempo definido pela literatura como ideal para projeção de viabilidade;
- **Reajuste das Bandeiras Tarifárias:** foi realizada a média da inflação dos últimos 10 anos, e dessa maneira determinado o reajuste das bandeiras tarifárias fundamentado em Inflation (2023). Os dados retirados em Inflation (2023) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Inflação Histórica no Brasil (IPC) nos últimos 10 anos

Ano	Inflação
IPC Brasil 2022	5,79%
IPC Brasil 2021	10,06%
IPC Brasil 2020	4,52%
IPC Brasil 2019	4,31%
IPC Brasil 2018	3,75%
IPC Brasil 2017	2,95%
IPC Brasil 2016	6,29%
IPC Brasil 2015	10,67%
IPC Brasil 2014	6,41%
IPC Brasil 2013	5,91%
<b>Média</b>	<b>6,07%</b>

Fonte: Adaptado Inflation (2023)

A fatura de energia elétrica inclui o ressarcimento dos custos com: geração de energia, transmissão, distribuição, encargos e tributos, então, é necessário a aplicação de tarifas que paguem o serviço de forma adequada, viabilizem a estrutura para manter o serviço com qualidade, criando incentivos para eficiência. Dessa maneira, foram definidos para o cálculo o valor das tarifas TUSD e TE que estão presentes na fatura de energia elétrica, nessas tarifas então inclusos os seguintes impostos: PIS, CONFINS e ICMS.

Nas equações (7), (8) e (9) estão demonstrados os cálculos para do valor de TUSD, TE e da bandeira tarifária.

$$TUSD_{Fornecida}(R\$/kWh) = \frac{\text{Valor da TUSD publicada pela ANEEL}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (7)$$

$$TE_{Fornecida}(R\$/kWh) = \frac{\text{Valor da TE publicada pela ANEEL}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (8)$$

$$\text{Bandeira} = \frac{\text{Bandeira}_{(homol.)}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (9)$$

Onde:

- **TUSD** – referente a tarifa de uso do sistema de distribuição, ou seja, é ao preço que se cobra pelo uso do sistema de distribuição;

- **TE** – referente a tarifa de energia incluindo os impostos, é o valor definido pela ANEEL em relação ao consumo de energia;
- **PIS** – Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público – PIS/PASEP), foi instituído pela Lei Complementar 07/1970.
- **CONFINS** – Contribuição para Financiamento da Seguridade Social, foi instituída pela Lei Complementar 70 de 30/12/1991;
- **ICMS** – Imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços, é um imposto de competência estadual.

O diagrama de fluxo de caixa elaborado representa a sistematização das receitas (entradas) e despesas (saídas) do projeto. São consideradas como as saídas do fluxo de caixa os seguintes itens:

- Investimento inicial: custo do kit do sistema Smartflower apresentado pela empresa que o disponibiliza, custo do projeto e da instalação;
- Manutenção Anual: custo referente a manutenção do SFCR, sendo que este valor é de 1% sobre o valor do investimento inicial (EPE, 2012);
- Substituição do Inversor: custo referente a substituição do inversor no ano 15, considerando o modo correto de dimensionamento e de utilização (EPE, 2012);

No fluxo de caixa as receitas são os valores obtidos pela economia na fatura de energia proveniente do sistema fotovoltaico. Trata-se do lucro referente a diferença entre o valor a ser pago na fatura de energia sem o sistema Smartflower e com o sistema Smartflower.

Convém ressaltar que, nos cálculos das entradas e saídas de caixa, ainda foram considerados a degradação da potência dos módulos e o reajuste tarifário anual da concessionária em que atua na região da instalação do projeto. Foram ainda considerados nos cálculos a correção monetária anual da energia elétrica, a taxa mínima atrativa e as bandeiras tarifárias vigentes de cada mês. Os custos de manutenção e a troca do inversor no ano 15 também foram corrigidos, sendo explicados na sequência.

O valor das tarifas de energia elétrica (TE e TUSD) é retificado anualmente, levando em conta a soma do impacto médio da energia, transmissão, distribuição, encargos e outros valores não detalhados pela ANEEL. O reajuste para o ano de 2022

e 2023 estão apresentados na Tabela 2, sendo utilizado os valores referentes ao ano de 2023 para os cálculos.

Tabela 2 – Efeito dos reajustes tarifários

	<b>2022</b>	<b>2023</b>
<b>Energia</b>	1,94%	2,43%
<b>Transmissão</b>	0,88%	1,73%
<b>Distribuição</b>	5,39%	0,60%
<b>Encargos</b>	7,28%	- 0,14%
<b>Outros</b>	- 4,90%	1,85%
<b>Reajuste médio</b>	10,60%	6,47%

Fonte: Adaptado de ANEEL 2023

Além do mais, foram estabelecidos parâmetros financeiros para a realização dos cálculos, sendo que, para a proposta ser atrativa, a mesma deve render, no mínimo a taxa de juros equivalente a rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco (Casarotto Filho, 2011), dessa maneira foi utilizada como TMA o valor médio inflacionário no Brasil de 6,07% ao ano.

Como já dito, a vida útil do projeto para análise foi estabelecida em 25 anos, pois é informado no *datasheet* do fabricante do Smartflower como o tempo da garantia de saída de potência do painel (Smartflower, 2023). Para o cálculo do fluxo de caixa foi considerada a troca do inversor solar no 15º ano devido a sua vida útil, com valor presente de R\$ 6.342,50 e atualizado para o valor futuro utilizando-se a correção monetária do IGP-M de 8,25% a.a., referente ao mês de setembro/2023 (FGV, 2023).

Conforme a EPE (2012), é considerado um valor de 1% ao ano no custo de manutenção e operação do sistema fotovoltaico sobre o valor do investimento inicial. Para determinar a correção do valor anual de manutenção do sistema Smartflower utilizou-se a média inflacionária no Brasil, nos últimos 10 anos, sendo a média de 6,07% ao ano.

Em face o exposto, com o auxílio do *software* Excel® foram montadas as tabelas, utilizando os métodos de engenharia econômica, a fim de fornecer um parecer de viabilidade econômica. Cabe dizer que as equações para calcular VPL, TIR e Payback Descontado, já apresentadas neste trabalho, que as mesmas já estão presentes nas fórmulas do *software* Excel® ou foram inseridas por este pesquisador.

Com o fluxo de caixa definido, para a análise da viabilidade econômica de cada projeto foram aplicadas as ferramentas da engenharia econômica, sendo elas:

- VPL – Valor presente líquido, mediante a Equação (4);
- TIR – Taxa interna de retorno, mediante a Equação (5);
- *Payback's* Simples e Descontado, mediante a Equação (6).

### 3.4 Critérios de Avaliação

Para a tomada de decisões de projeto, em relação a viabilidade técnica, o sistema fotovoltaico é considerado viável se as análises de irradiação solar e localização geográfica se apresentarem minimamente aceitáveis, ou seja, onde o sistema está localizado todas as células fotovoltaicas ficam expostas à irradiação solar, onde a temperatura ambiente não seja muito alta, o que é um dos fatores que reduz a eficiência dos painéis. Ademais, que o sistema atenda satisfatoriamente a demanda do cliente.

A avaliação da viabilidade econômica do projeto foi feita considerando os seguintes critérios apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Critérios para avaliação da viabilidade econômica do projeto

<b>CRITÉRIO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>VPL = 0</b>	É indiferente investir, ou não, no projeto, mas a decisão depende do investidor pois é considerado viável.
<b>VPL &gt; 0</b>	É economicamente viável investir no projeto.
<b>VPL &lt; 0</b>	Não é economicamente viável investir no projeto.
<b>TIR = TMA</b>	É indiferente investir, ou não, no projeto, mas a decisão depende do investidor pois é considerada viável.
<b>TIR &lt; TMA</b>	Não é economicamente viável investir no projeto.
<b>TIR &gt; TMA</b>	É economicamente viável investir no projeto.

Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere ao *Payback* Descontado e ao *Payback* Simples, este indicador foi utilizado apenas para determinar o prazo de retorno do investimento

realizado considerando: quanto menor o tempo de *Payback* mais atrativo se torna o investimento, quanto maior o tempo de *Payback* menos atrativo é o investimento. Estes procedimentos foram considerados apenas como indicadores complementares, para verificar o período de tempo necessário para a recuperação do capital investido.

Por fim, no que se refere a TIR, é importante destacar que a proposta deverá render, no mínimo a TMA. Cabe ainda dizer que ao final será feito um comparativo do sistema Smartflower com o Sistema convencional.

## **4 RESULTADOS**

Este capítulo traz os resultados do estudo de viabilidade técnica e econômica do sistema fotovoltaico de rastreamento solar tipo Smartflower. A amostragem dos resultados utilizando duas provas, compreende o dimensionamento técnico e cálculos de engenharia econômica, para verificar as viabilidades técnica-econômica do projeto na cidade de Alegrete - RS. Sendo este último, fundamental para a determinação do retorno financeiro do projeto, mostrando a viabilidade de implementação do mesmo.

### **4.1 Primeira Prova – Viabilidade Técnica**

A primeira prova abrange questões técnicas, na qual se fez necessário dimensionar o sistema fotovoltaico Smartflower conectado à rede, baseando-se nos dados de localização, consumo médio da residência, os índices de irradiação solar e temperatura ambiente. Para uma unidade residencial consumidora a ser instalada na cidade de Alegrete - RS, à qual é atendida pela concessionária RGE, o perfil do consumidor caracteriza-se como rural, com classificação de instalação sendo B2 monofásico.

#### **4.1.1 Localização**

Para a região em estudo o sistema será instalado no solo, sendo a latitude de 29°21'30.2"S e a longitude de 55°59'57.7"W. Para a instalação do sistema Smartflower foi considerada para a análise a instalação do sistema em solo e rastreamento total do sol, definindo-se a variação do ângulo de inclinação e do ângulo azimutal.

#### **4.1.2 Potencial Solar**

Por meio da ferramenta *SunData*, no site do CRESCESB, considerando a latitude e a longitude para a cidade de Alegrete - RS, foram coletados os dados de irradiação solar média diária para a localidade. Na Tabela 4 pode-se observar a irradiação solar diária mensal.

Tabela 4 – Irradiação solar diária média mensal (kWh/m<sup>2</sup>.dia)

<b>Mês</b>	<b>Irradiação solar diária [kWh/m<sup>2</sup>.dia]</b>
Jan	6,93
Fev	6,26
Mar	5,35
Abr	4,10
Mai	3,01
<b>Jun</b>	<b>2,51</b>
Jul	2,78
Ago	3,57
Set	4,17
Out	5,38
Nov	6,53
<b>Dez</b>	<b>7,10</b>
<b>Média</b>	<b>4,81</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Levando em conta os dados de irradiação solar diária mensal, foi calculada a média de horas de sol pleno aplicando a Equação (2), sendo que se refere ao número de horas em que a irradiância solar permanece constante, no qual, para este caso o valor de HSP, foi de 4,81h/dia, como segue:

$$HSP = \frac{4,81 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}}{1000 \text{ W/m}^2} = 4,81 \text{ h/dia} \quad (2)$$

#### 4.1.3 Taxa de Desempenho (PR – Performance Ratio)

A taxa de desempenho é uma das mais importantes variáveis para avaliar a eficiência de um SFV, pois é a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível (Pinho; Galdino, 2014).

A taxa de desempenho indica a produtividade do sistema fotovoltaico, descontando todas as perdas envolvidas, como perdas por descasamento (*mismatch*) entre módulos de mesmo modelo, sombreamento, inversor, sujeira na superfície do painel, conexões, temperatura, entre outras. No Brasil, sistemas residenciais, bem ventilado e não sombreados, tem uma TD que varia entre 70% e 80% (Pinho; Galdino, 2014). Para este estudo em questão adotou-se o valor de 80%.

#### 4.1.4 Perfil do Consumidor

Com base na fatura de energia elétrica, para o estudo foi considerado consumidor com perfil rural, classificação B2 - Agropecuária Rural, sendo o tipo de fornecimento como monofásico 220 V.

A partir do histórico de consumo no período de 12 meses, como pode ser visto na Tabela 5, determinou-se a média de consumo mensal do cliente.

Tabela 5 – Consumo de 12 meses

<b>Mês</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
Jan/22	282
Fev/22	248
Mar/22	233
Abr/22	239
Mai/22	227
Jun/22	178
Jul/22	158
Ago/22	149
Set/21	214
Out/21	207
Nov/21	219
Dez/21	226
<b>Média do consumo mensal</b>	<b>215</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Com o auxílio da ferramenta Excel® e fazendo uso da fórmula de média, obteve-se o consumo médio mensal de energia elétrica de 215 kWh/mês, realizando a divisão do valor mensal, por 30 dias, obtém-se o consumo médio por dia de 7,17 kWh/dia.

O custo de disponibilidade de energia elétrica, varia conforme o número de fases fornecidas para cada consumidor. Conforme a Resolução Normativa nº 1000 da ANEEL (2021), é cobrado o custo de disponibilidade de 30 kWh para sistemas monofásicos, 50 kWh em sistemas bifásicos e 100 kWh em sistemas trifásicos, quando há geração de energia superior ao consumo (ANEEL, 2021). Como o projeto

proposto é de um consumidor com o fornecimento monofásico, logo, o custo é de 30 kWh.

Foi utilizado o histórico de consumo mensal do cliente para determinar a energia de compensação diária para o sistema, utilizando-se a Equação (1) (Pinho; Galdino, 2014):

$$E_{CD} = \frac{215 - 30}{30} = 6,17 \text{ kWh/dia} \quad (1)$$

Portando, o sistema fotovoltaico Smartflower conectado à rede considerado na análise precisa gerar em torno de 6,17 kWh/dia, para suprir a demanda de energia da unidade consumidora.

#### 4.1.5 Dimensionamento do Sistema

Com base nos dados apresentados na Tabela 6 foi possível realizar o dimensionamento do projeto do sistema fotovoltaico Smartflower considerado na análise.

Tabela 6 – Parâmetros para o dimensionamento

HSP	TD	ECD
4,81 h/dia	80%	6,17 kWh/dia

Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, aplicou-se a Equação (3) para determinar a potência necessária do gerador fotovoltaico para suprir a demanda da U.C., na qual obteve-se o valor de 1,60 kWp, como segue:

$$P_{FV} = \frac{(6,17/0,8)}{4,81} = 1,60 \text{ kWp} \quad (3)$$

Com o resultado da potência necessária para suprir a demanda do consumidor, foi realizada a consulta no catálogo do Smartflower para determinar a quantidade de equipamentos necessários para satisfazer a potência calculada, dessa forma, adotou-se para o projeto a utilização de um kit do Smartflower de 2,5 kWp, com a possibilidade de futuramente haver o envio da sobra de energia gerada para outra unidade consumidora de mesma titularidade.

Sendo assim, a partir da potência real obtida, foi feito um orçamento de um kit fotovoltaico Smartflower considerando os custos de projeto e instalação. O Smatflower considerado no estudo conta com um inversor de 3,0 kW, modelo Primo 3.0 - 1 da

marca Fronius e a estrutura de instalação, na Tabela 7 está apresentada a distribuição percentual do investimento.

Tabela 7 – Custo e percentual dos materiais no investimento inicial

<b>Produto</b>	<b>Custo total</b>	<b>Parcela</b>
Smartflower	R\$ 168.000,00	95,45 %
Inversor	-	
Outros equipamentos	R\$ 1.500,00	1,70 %
Projeto e Instalação	R\$ 2.500,00	2,85 %
<b>Total</b>	<b>R\$ 172.000,00</b>	<b>100 %</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando as informações técnicas extraídas do *datasheet* do fabricante do Smartflower, elaborou-se a Tabela 8 com os dados do inversor.

Tabela 8 – Dados do inversor

<b>Marca/Modelo</b>	<b>Fronius/Primo 3.0-1</b>
Tensão de Partida	80 V
Faixa de Tensão MPPT	200 V – 800 V
Corrente Máxima de entrada	12 A
Tensão nominal de saída	180 V – 270 V
Frequência de saída	60 Hz
Corrente Máxima de Saída	13 A
Potência Nominal	3.000 W
Números de MPPT	2
Eficiência Máxima	98%
Peso	21,5 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

Os produtos escolhidos são fiscalizados e tem o selo de aprovação do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), além disso, atendem aos requisitos básicos de segurança requeridos pela ANEEL.

Com a plataforma *Photovoltaic Geographical Information System* e o sistema dimensionado foi possível estabelecer os valores de geração mensal de energia produzida pelo sistema fotovoltaico, conforme a Figura 7 podendo-se ver os dados que foram inseridos para realizar a simulação.

Figura 7 – Plataforma PVGIS para obtenção da geração do sistema

Cursor: Selected: -29.358, -55.999  
Elevation 89 (m):  
PVGIS ver. 5.2

Use terrain shadows:  
 Calculated horizon  
 Upload horizon file

Download buttons: csv, json  
File selection: Escolher arquivo, Nenhum arquivo escolhido

Switch to version 5.1

GRID CONNECTED

TRACKING PV

OFF-GRID

MONTHLY DATA

DAILY DATA

HOURLY DATA

TMY

**PERFORMANCE OF TRACKING PV**

Solar radiation database\* PVGIS-SARAH2

PV technology\* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]\* 2.5

System loss [%]\* 2

Tracking mounting options

Vertical axis Slope [°] (0-  Optimize

Inclined axis Slope [°] (0-  Optimize

Two axis

Fonte: PVGIS (2023, não paginado)

A Tabela 9 apresenta os dados de energia média mensal produzida pelo Smartflower para a latitude e longitude de onde será instalado o sistema na cidade de Alegrete - RS, obtidos na plataforma PVGIS.

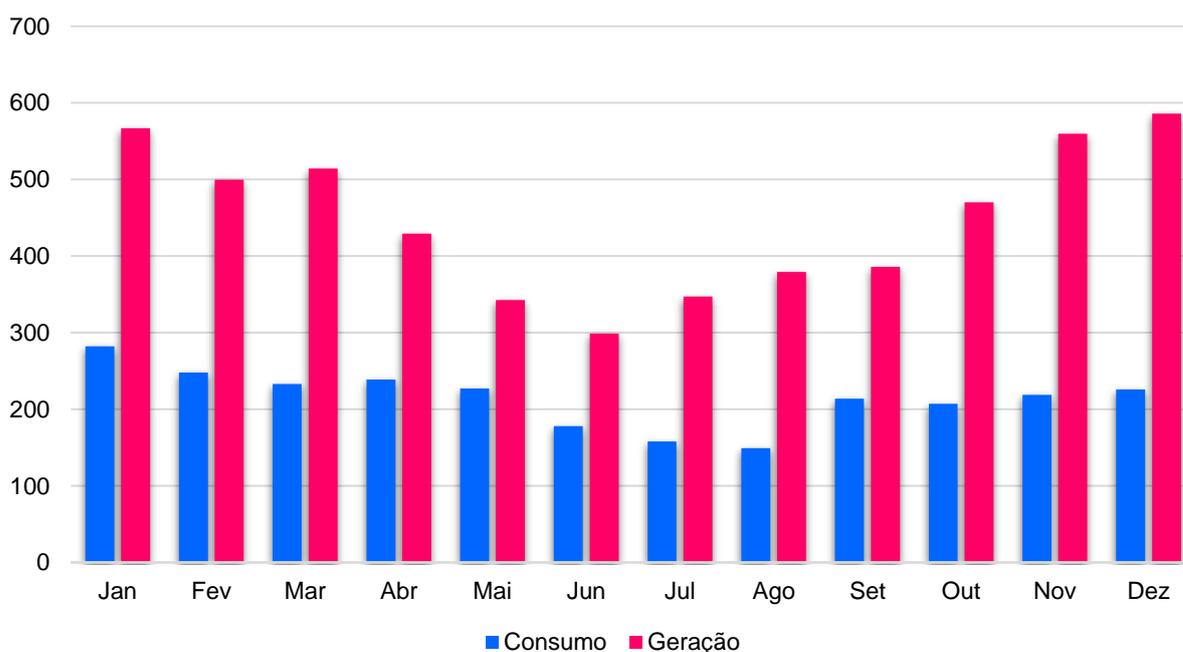
Tabela 9 – Geração mensal do sistema Smartflower

Mês	Geração (kWh)
Jan	566,66
Fev	499,74
Mar	514,44
Abr	429,31
Mai	342,37
Jun	298,63
Jul	347,08
Ago	379,20
Set	385,97
Out	470,17
Nov	559,74
Dez	586,09
<b>Total</b>	<b>5.379,40</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dos dados da Tabela 5 e da Tabela 9, foi possível plotar o gráfico da Figura 8, que representa o comparativo entre o consumo e a previsão da produção de energia mensal em kWh no período de um ano.

Figura 8 – Gráfico do Consumo versus a Geração



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresentando no gráfico da Figura 8, é possível perceber que os índices de geração e consumo não são contínuos, isso ocorre pois o consumo varia ao longo do ano devido à necessidade de energia elétrica do cliente. Já na geração essa variação ocorre devido a menor irradiação do sol nas diferentes épocas do ano. Nos meses, ao longo do ano, o sistema pode gerar mais do que consome e vice-versa, dessa forma, garantindo, uma média de geração que corresponde ao consumo anual.

#### **4.2 Segunda Prova – Viabilidade Econômica**

A segunda prova abrange a parte da viabilidade econômica, a fim de obter informações suficientes quanto ao projeto, de maneira a ajudar o investidor na decisão quanto a aplicação de seus recursos financeiros no projeto.

Pela Resolução Normativa nº 482/2012 o Sistema de Compensação de Energia Elétrica permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outra unidade consumidora ou na fatura dos meses subsequentes. Sendo assim, para a análise do investimento considerou-se o excedente de energia acumulado em forma de créditos energéticos (ANEEL, 2012).

Em vista disso, com o auxílio do *software* Excel®, foram montadas as tabelas, utilizando os métodos de engenharia econômica, a fim de fornecer um parecer de viabilidade econômica.

##### **4.2.1 Cálculo do Faturamento**

O sistema de compensação de energia tem seu modo de faturamento definido pelo art. 7º da Resolução Normativa nº 482/2012. Foram determinados os valores das tarifas TUSD e TE, bem como das bandeiras tarifárias incluindo os impostos (PIS, COFINS e ICMS) a partir das Equações (7), (8) e (9). Os resultados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Impostos presentes no cálculo de faturamento

	<b>TUSD</b>	<b>TE</b>
<b>Custo Disponibilidade (kWh)</b>	R\$ 0,42909	R\$ 0,29047
<b>PIS/PASEP</b>	0,98%	0,98%
<b>COFINS</b>	4,49%	4,49%
<b>ICMS</b>	12%	12%

Fonte: Elaborado pelo autor

Sendo assim, considerando a unidade consumidora sem o sistema fotovoltaico Smartflower conectado à rede, o valor final da fatura a ser pago pela unidade consumidora é dado pela Equação (10) (desconsiderando a iluminação pública):

$$Fatura (R\$) = Consumo * (TE_{Fornecida} + TUSD_{Fornecida} + Bandeira) \quad (10)$$

Onde:

- *Fatura (R\$)*: valor a ser pago na fatura de energia elétrica pelo consumidor sem o SFCR;
- *Consumo (kWh)*: energia elétrica consumida da rede de distribuição;
- $TUSD_{Fornecida} (R\$/kWh)$ : custo por consumo de energia elétrica referente a tarifa de uso do sistema de distribuição incluindo os impostos;
- $TE_{Fornecida} (R\$/kWh)$ : custo por consumo de energia elétrica referente a tarifa de energia incluindo os impostos;
- *Bandeira*: custo por consumo de energia elétrica da bandeira tarifária vigente incluindo os impostos.

Para calcular a tarifa convencional realiza-se a soma das tarifas TE e TUSD, entretanto, quando o SFCR é instalado, a tarifa TUSD não é isenta de ICMS, sendo assim, a compensação tarifária não é total, e o cálculo da tarifa fica conforme as Equações (11) e (12) (ANEEL, 2012).

$$TUSD_{Inj} (R\$/kWh) = \frac{Valor\ da\ TUSD\ publicada\ pela\ ANEEL}{1 - (PIS + COFINS)} \quad (11)$$

$$TE_{Fornecida} (R\$/kWh) = TE_{Injetada} (R\$/kWh) \quad (12)$$

O custo de disponibilidade deve ser levado em consideração mesmo quando o SFCR suprir toda a demanda da unidade consumidora, no projeto em estudo, esse custo de disponibilidade é de 30 kWh conforme o tipo de fornecimento de energia da

unidade (monofásico). A Equação (13) apresenta o método de faturamento desse custo.

$$\text{Custo de Disp. (R\$)} = [\text{Custo Disp. (kWh)} * (TE_{For.} + TUSD_{For.} + \text{Bandeira})] \quad (13)$$

O custo final da fatura de energia elétrica provém dos valores de consumo e dos créditos de energia acumulados. Os valores de TE, TUSD e da Bandeira Tarifária que compõe o custo são apresentadas nas Equações (14), (15) e (16).

$$TE_{(R\$)} = \text{Consumo (kWh)} * [TE_{cons.} - TE_{inj.}] \quad (14)$$

$$TUSD_{(R\$)} = \text{Consumo (kWh)} * [TUSD_{cons.} - TUSD_{inj.}] \quad (15)$$

$$\text{Bandeira (R\$)} = [\text{Geração (kWh)} - \text{Créditos (kWh)}] * \text{Bandeira (R\$/kWh)} \quad (16)$$

Dessa forma, o custo final da fatura de energia que o consumidor ainda irá pagar com o sistema Smartflower é dado pela Equação (17) (ANEEL, 2012).

$$\text{Fatura} = \text{Custo Disp.}_{R\$} + TE_{R\$} + TUSD_{R\$} + \text{Bandeira} \quad (17)$$

#### 4.2.2 Projeção das Bandeiras Tarifárias

As bandeiras tarifárias são determinadas pela ANEEL, dessa maneira, fez-se uma projeção das bandeiras tarifárias para o longo dos 25 anos de análise, empregando-se os critérios abaixo:

- Bandeira tarifária que mais repetiu-se nos últimos 4 anos;
- Bandeira verde, período da Covid-19, considerou-se com menor peso no desempate;

E, como critério de desempate entre as bandeiras vermelhas, optou-se pela vermelha - patamar 1, por ser de menor valor e somente optou-se pela bandeira vermelha - patamar 2 quando foi aplicada mais de uma vez nos últimos 4 anos.

Conforme os critérios citados anteriormente, a Tabela 11 representa a projeção das bandeiras.

Tabela 11 – Projeção bandeiras tarifárias para 2024

Mês	2020	2021	2022	2023	Projeção próximos anos
Janeiro	Amarela	Amarela	Escassez Hídrica	Verde	Amarela
Fevereiro	Verde	Amarela	Escassez Hídrica	Verde	Verde
Março	Verde	Amarela	Escassez Hídrica	Verde	Verde
Abril	Verde	Amarela	Escassez Hídrica	Verde	Verde
Maio	Verde	Vermelha 1	Verde	Verde	Verde
Junho	Verde	Vermelha 2	Verde	Verde	Verde
Julho	Verde	Vermelha 2	Verde	Verde	Verde
Agosto	Verde	Vermelha 2	Verde	Verde	Verde
Setembro	Verde	Escassez Hídrica	Verde	Verde	Verde
Outubro	Verde	Escassez Hídrica	Verde	Verde	Verde
Novembro	Verde	Escassez Hídrica	Verde	Verde	Verde
Dezembro	Vermelha 2	Escassez Hídrica	Verde	Verde	Verde

Fonte: Adaptado de ANEEL (2023)

#### 4.2.3 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa foi elaborado utilizando os recursos do *software* Excel®, as funções financeiras, foram obtidas a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL), o Payback Simples e o Descontado, considerando uma Taxa Mínima Atrativa (TMA) com base no valor médio inflacionário no Brasil de 6,07% ao ano. Utilizou-se como referência os valores apresentados na Tabela 12 para realizar os cálculos.

Tabela 12 – Parâmetros para o cálculo financeiro

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
Investimento Inicial	R\$ 172.000,00
Horizonte do projeto (vida útil)	25 anos
Custo de manutenção	1% a.a.
Reajuste da manutenção anual	1% a.a.
Reajuste Inversor pelo IGP-M	8,25% a.a.
Reajuste tarifária RGE Sul	6,47%

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 13 permite visualizar as tarifas da concessionária RGE, em Alegrete-RS. Esta foi elaborada através das equações tarifárias apresentadas nas seções 3.3 Segunda Prova – Viabilidade e 4.2.1 Cálculo do Faturamento.

Tabela 13 – Tarifas da concessionária de energia RGE Sul

Custo de disponibilidade	30 kWh
PIS	0,98%
COFINS	4,49%
ICMS	12%
TUSD Homologada ANEEL	R\$ 0,42909
TE Homologada ANEEL	R\$ 0,29047
Cálculo $TUSD_{Fornecida}$	R\$ 0,51992
Cálculo $TUSD_{Injetada}$	R\$ 0,45392
Cálculo TE	R\$ 0,35196

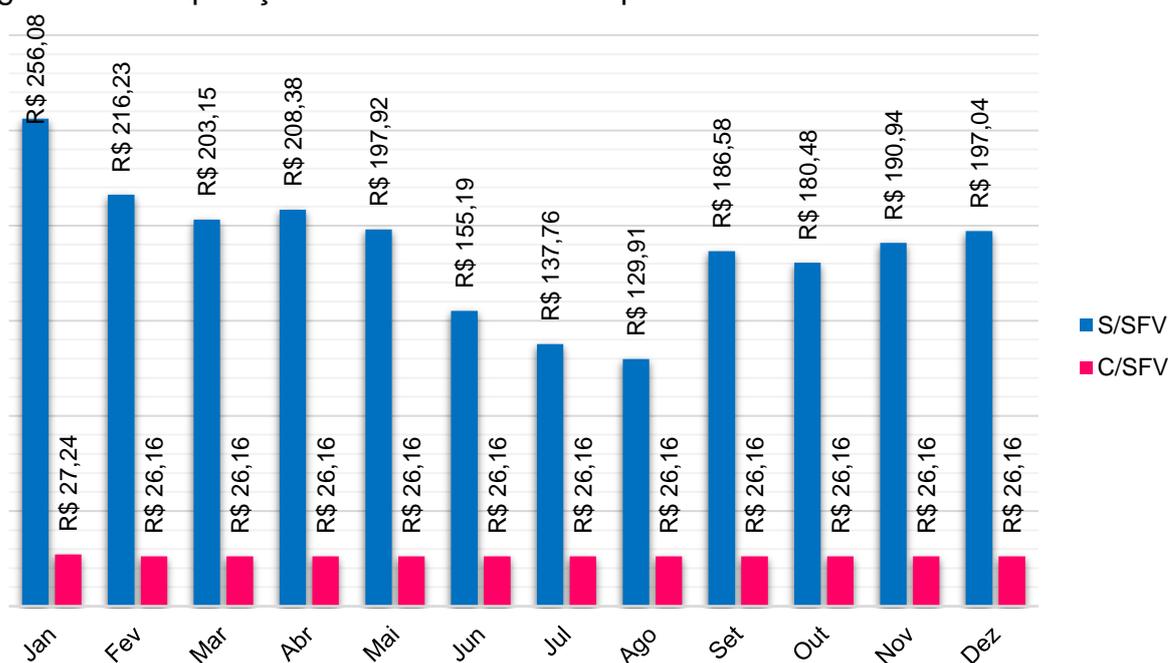
Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme a Equação (18), o lucro referente a diferença entre o valor a ser pago na fatura de energia sem o sistema Smartflower e com o sistema Smartflower, foi considerado como entrada no fluxo de caixa.

$$Entrada (R\$) = Fatura_{Sem SFV}(R\$) - Fatura_{Com SFV}(R\$) \quad (18)$$

A comparação do valor final do custo da fatura sem SFV e com SFV está representado no gráfico da Figura 9, quanto o consumidor deverá pagar mensalmente na fatura de energia durante o primeiro ano de operação do sistema Smartflower.

Figura 9 – Comparação do valor da fatura no primeiro ano

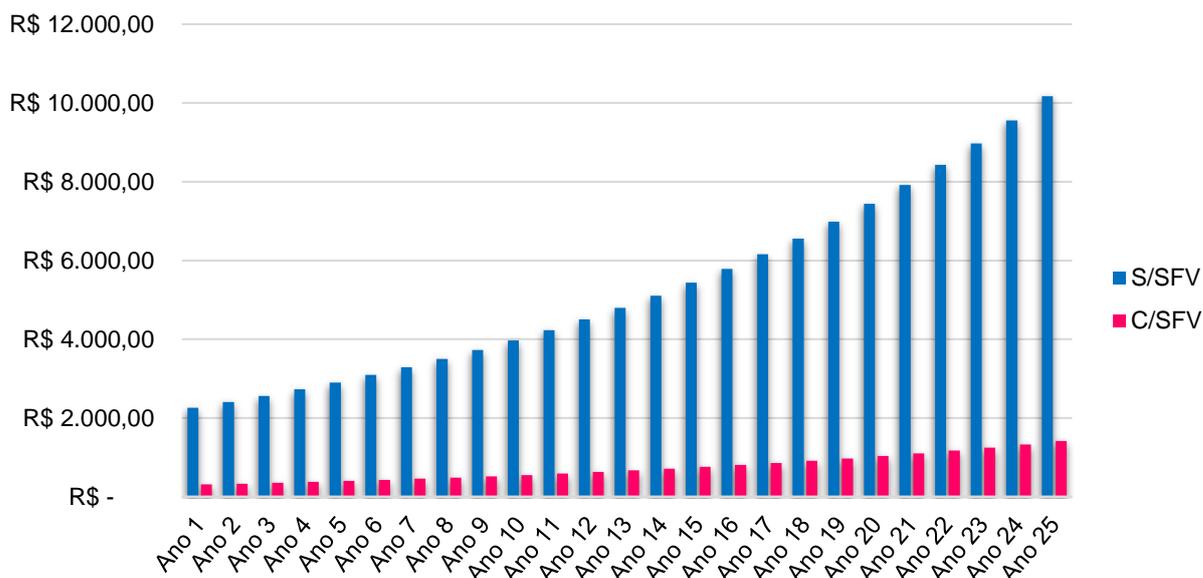


Fonte: Elaborado pelo autor

É importante ressaltar que para o cálculo do valor da fatura com SFV, considerou-se que o sistema supriu 100% do consumo, dessa forma, pagando somente o custo de disponibilidade de 30 kWh, também foi utilizada a projeção das bandeiras tarifária, conforme a Tabela 11, sendo somente em janeiro a bandeira amarela e nos demais meses a bandeira verde.

O comparativo da evolução do valor da fatura de energia elétrica pode ser visto na Figura 10, o qual mostra o gráfico ao longo do período de 25 anos, sabendo-se que é o tempo de vida útil do sistema fotovoltaico.

Figura 10 – Projeção das faturas para 25 anos

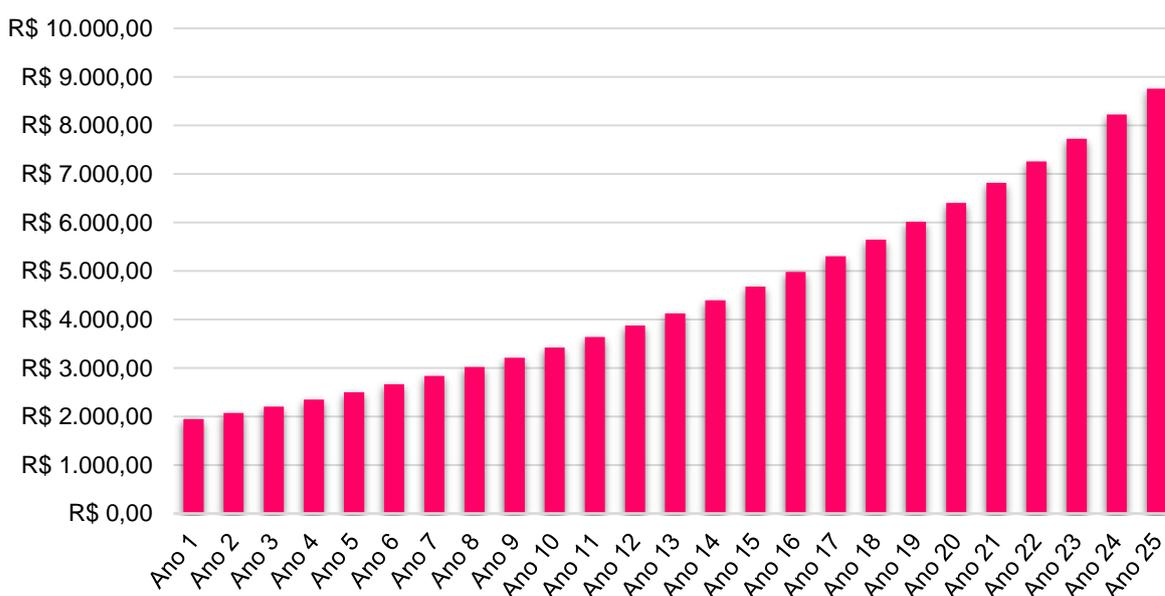


Fonte: Elaborado pelo autor

Ao longo do período de 25 anos, é possível perceber pela Figura 10 que o SFV Smartflower promove uma economia considerável e minimiza o impacto causado pelas bandeiras tarifárias e reajuste anual das tarifas de energia.

As entradas do fluxo de caixa são referentes ao lucro obtido com o desconto na fatura de energia no período de 25 anos, como é apresentado na Figura 11, esse valor é a diferença entre o valor da fatura de energia do consumidor com o SFVCR e sem o SFVCR.

Figura 11 – Economia anual no horizonte de 25 anos



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme é apresentado na Figura 11, à medida que aumenta o valor das tarifas de energia e das bandeiras que integram o valor final da fatura de energia elétrica, a economia do consumidor aumenta. Independente da degradação anual da potência dos módulos, o retorno econômico obtido no período dos 25 anos permanece crescente.

Os valores de VPL e TIR foram determinados utilizando-se os valores da Tabela 14, apoiou-se nas ferramentas da engenharia econômica como critério para a tomada de decisão e dessa forma verificar se o investimento é viável ou inviável.

Tabela 14 – Economia da fatura de energia elétrica

	<b>S/SFV</b>	<b>C/SFV</b>	<b>Economia</b>
<b>Ano 1</b>	R\$ 2.259,66	R\$ 314,96	R\$ 1.944,69
<b>Ano 2</b>	R\$ 2.405,86	R\$ 335,34	R\$ 2.070,52
<b>Ano 3</b>	R\$ 2.561,51	R\$ 357,04	R\$ 2.204,48
<b>Ano 4</b>	R\$ 2.727,24	R\$ 380,14	R\$ 2.347,11
<b>Ano 5</b>	R\$ 2.903,70	R\$ 404,73	R\$ 2.498,96
<b>Ano 6</b>	R\$ 3.091,57	R\$ 430,92	R\$ 2.660,65
<b>Ano 7</b>	R\$ 3.291,59	R\$ 458,80	R\$ 2.832,79
<b>Ano 8</b>	R\$ 3.504,56	R\$ 488,48	R\$ 3.016,07
<b>Ano 9</b>	R\$ 3.731,30	R\$ 520,09	R\$ 3.211,21
<b>Ano 10</b>	R\$ 3.972,72	R\$ 553,74	R\$ 3.418,98
<b>Ano 11</b>	R\$ 4.229,75	R\$ 589,56	R\$ 3.640,19
<b>Ano 12</b>	R\$ 4.503,42	R\$ 627,71	R\$ 3.875,71
<b>Ano 13</b>	R\$ 4.794,79	R\$ 668,32	R\$ 4.126,47
<b>Ano 14</b>	R\$ 5.105,01	R\$ 711,56	R\$ 4.393,45
<b>Ano 15</b>	R\$ 5.435,30	R\$ 757,60	R\$ 4.677,70
<b>Ano 16</b>	R\$ 5.786,97	R\$ 806,62	R\$ 4.980,35
<b>Ano 17</b>	R\$ 6.161,38	R\$ 858,80	R\$ 5.302,58
<b>Ano 18</b>	R\$ 6.560,03	R\$ 914,37	R\$ 5.645,66
<b>Ano 19</b>	R\$ 6.984,46	R\$ 973,53	R\$ 6.010,93
<b>Ano 20</b>	R\$ 7.436,35	R\$ 1.036,52	R\$ 6.399,84
<b>Ano 21</b>	R\$ 7.917,49	R\$ 1.103,58	R\$ 6.813,91
<b>Ano 22</b>	R\$ 8.429,75	R\$ 1.174,98	R\$ 7.254,77
<b>Ano 23</b>	R\$ 8.975,15	R\$ 1.251,00	R\$ 7.724,15
<b>Ano 24</b>	R\$ 9.555,85	R\$ 1.331,94	R\$ 8.223,90
<b>Ano 25</b>	R\$ 10.174,11	R\$ 1.418,12	R\$ 8.755,99

Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores de VPL e TIR para o projeto do sistema Smartflower estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Valores de VPL e TIR para o sistema fotovoltaico Smartflower

VPL	TIR	TMA
- R\$ 124.005,56	- 2,43%	6,07%

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados obtidos demonstram que o investimento não é atrativo economicamente, pois o mesmo apresenta um VPL < 0 e uma TIR < TMA.

Para complementar a tomada de decisão utilizou-se como critério o período de *Payback* Simples e Descontado, conforme a Tabela 16.

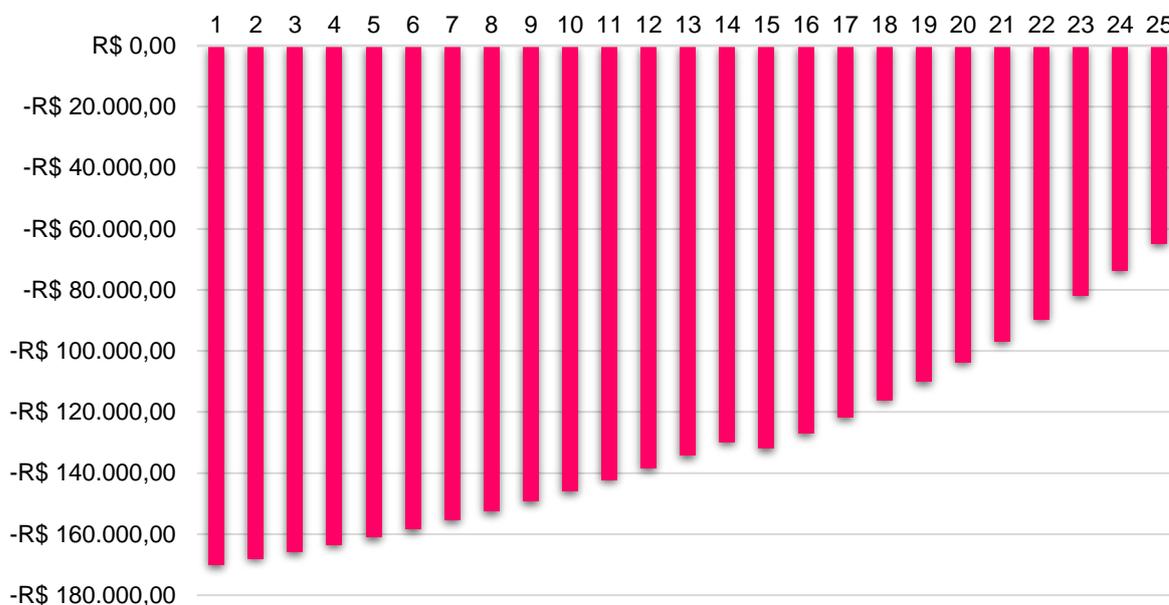
Tabela 16 – Fluxo de Caixa para calcular o PS e o PD.

Período	Fluxo de Caixa	Saldo	Fluxo de Caixa	Saldo
			Descontado	
Ano 0	-R\$ 172.000,00	-R\$ 172.000,00	-R\$ 172.000,00	-R\$ 172.000,00
Ano 1	R\$ 1.944,69	-R\$ 170.055,31	R\$ 1.833,41	-R\$ 170.166,59
Ano 2	R\$ 2.070,52	-R\$ 167.984,79	R\$ 1.840,32	-R\$ 168.326,27
Ano 3	R\$ 2.204,48	-R\$ 165.780,31	R\$ 1.847,26	-R\$ 166.479,02
Ano 4	R\$ 2.347,11	-R\$ 163.433,21	R\$ 1.854,23	-R\$ 164.624,79
Ano 5	R\$ 2.498,96	-R\$ 160.934,24	R\$ 1.861,22	-R\$ 162.763,57
Ano 6	R\$ 2.660,65	-R\$ 158.273,59	R\$ 1.868,24	-R\$ 160.895,33
Ano 7	R\$ 2.832,79	-R\$ 155.440,80	R\$ 1.875,28	-R\$ 159.020,05
Ano 8	R\$ 3.016,07	-R\$ 152.424,73	R\$ 1.882,35	-R\$ 157.137,70
Ano 9	R\$ 3.211,21	-R\$ 149.213,52	R\$ 1.889,45	-R\$ 155.248,24
Ano 10	R\$ 3.418,98	-R\$ 145.794,54	R\$ 1.896,58	-R\$ 153.351,67
Ano 11	R\$ 3.640,19	-R\$ 142.154,35	R\$ 1.903,73	-R\$ 151.447,94
Ano 12	R\$ 3.875,71	-R\$ 138.278,64	R\$ 1.910,91	-R\$ 149.537,03
Ano 13	R\$ 4.126,47	-R\$ 134.152,18	R\$ 1.918,12	-R\$ 147.618,91
Ano 14	R\$ 4.393,45	-R\$ 129.758,73	R\$ 1.925,35	-R\$ 145.693,56
Ano 15	R\$ 4.677,70	-R\$ 131.946,78	R\$ 1.932,61	-R\$ 143.760,95
Ano 16	R\$ 4.980,35	-R\$ 126.966,43	R\$ 1.939,90	-R\$ 141.821,05
Ano 17	R\$ 5.302,58	-R\$ 121.663,85	R\$ 1.947,21	-R\$ 139.873,84
Ano 18	R\$ 5.645,66	-R\$ 116.018,19	R\$ 1.954,56	-R\$ 137.919,28
Ano 19	R\$ 6.010,93	-R\$ 110.007,26	R\$ 1.961,93	-R\$ 135.957,36
Ano 20	R\$ 6.399,84	-R\$ 103.607,43	R\$ 1.969,33	-R\$ 133.988,03
Ano 21	R\$ 6.813,91	-R\$ 96.793,52	R\$ 1.976,75	-R\$ 132.011,28
Ano 22	R\$ 7.254,77	-R\$ 89.538,75	R\$ 1.984,21	-R\$ 130.027,07
Ano 23	R\$ 7.724,15	-R\$ 81.814,60	R\$ 1.991,69	-R\$ 128.035,38
Ano 24	R\$ 8.223,90	-R\$ 73.590,70	R\$ 1.999,20	-R\$ 126.036,18
Ano 25	R\$ 8.755,99	-R\$ 64.834,71	R\$ 2.006,74	-R\$ 124.029,44

Fonte: Elaborado pelo autor

A vida útil do projeto para análise foi estabelecida em 25 anos, o gráfico do fluxo de caixa, na Figura 12, mostra que não houve o retorno financeiro esperado, havendo somente saídas no fluxo de caixa, devido ao elevado valor do investimento inicial.

Figura 12 – Fluxo de caixa com o PS



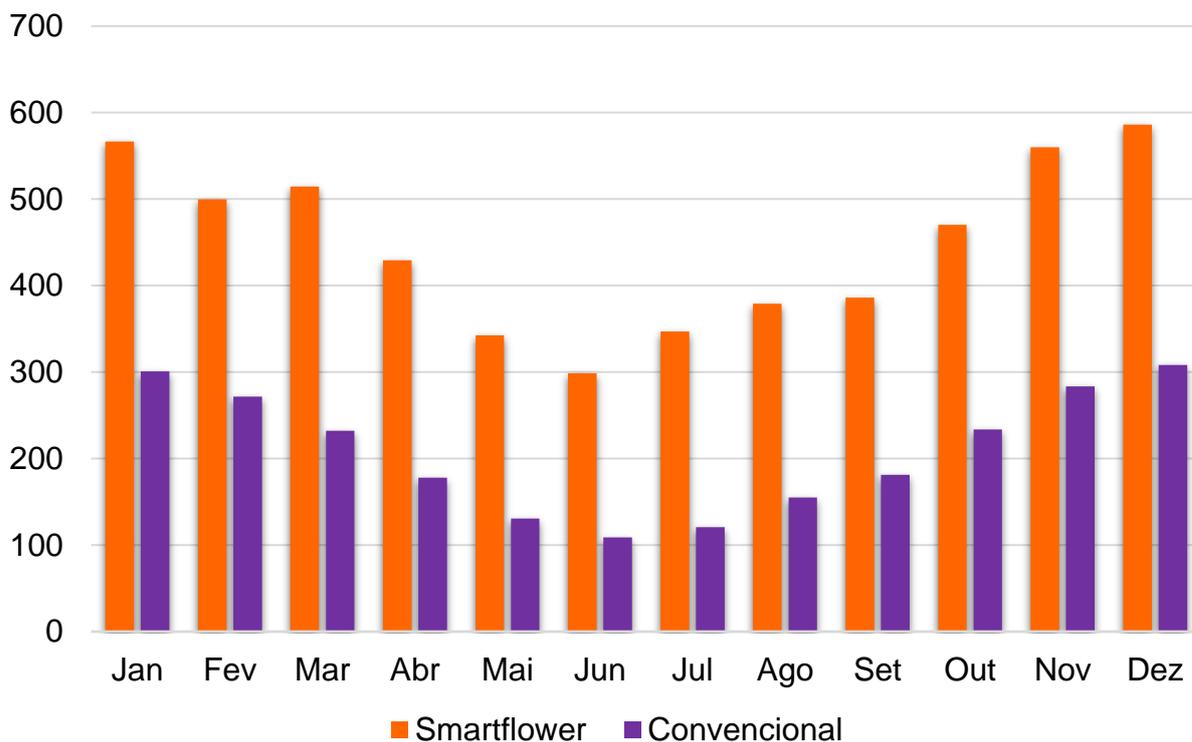
Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a Figura 12 e a Tabela 16 é possível observar que não foi possível chegar ao tempo de retorno do Payback Simples quanto do Payback Descontado no horizonte de 25 anos, considerando que no ano 15 existe a necessidade de trocar o inversor acrescentando nas despesas do fluxo de caixa de R\$ 6.865,76, reduzindo o retorno econômico e confirmando mais uma vez que o projeto não é viável economicamente.

#### 4.2.4 Comparativo do sistema Smartflower com o sistema convencional

Conforme a Figura 13, que mostra uma comparação da curva de potência de geração do sistema Smartflower com o Sistema convencional, fica evidente que o sistema convencional fixo instalado em telhados tem uma geração menor do que o sistema Smartflower, entretanto, o sistema instalado fixo atenderia a demanda da unidade consumidora.

Figura 13 – Comparativo entre a geração de um sistema Fixo versus Rastreador



Fonte: Elaborado pelo autor

É preciso dizer que o valor do kit fotovoltaico convencional é de R\$ 17.210,00; nele, está incluso módulos fotovoltaicos BYD de 330 W, um inversor Fronius Primo 3 kW e demais materiais necessários para instalação. Observa-se que ele seria mais viável em termos de investimento, visto que seu custo é de R\$ 17.210,00 ao ser comparado com o do sistema Smartflower que é de R\$ 172.000,00.

Vale dizer que, no estudo realizado por Brum (2021), com potência real do sistema de 2,4 kWp, para duas localidades diferentes, ficou evidenciado as viabilidades técnica e econômica dos sistemas. Os resultados obtidos demonstraram que, na geração de cada SFCR, os resultados são satisfatórios, suprimindo totalmente a demanda da unidade consumidora nas duas localidades. Além disso, os investimentos são atrativos economicamente, pois apresentaram  $VPL > 0$  e  $TIR > TMA$ , sendo o Payback Descontado entre 6,92 e 8,01 anos.

Diante o exposto, ao comparar o sistema Smartflower com o Sistema convencional, nota-se que o primeiro não se tornou viável, neste estudo, por causa do valor do investimento inicial que é, aproximadamente, dez vezes superior ao Sistema convencional.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou o estudo de viabilidade técnica e econômica de um sistema de rastreamento solar Smartflower conectado à rede de distribuição, com perfil de consumidor classe B2 - Rural, monofásico 220V, na cidade de Alegrete – RS, com o objetivo de verificar a viabilidade o investimento nesse novo tipo de tecnologia que é 40% mais eficiente na captação de energia solar.

A análise técnica para a localidade de implementação do projeto foi realizada a partir das equações demonstradas na metodologia, juntamente com os dados de latitude e longitude, bem como, a irradiação incidente na localidade. Após os cálculos de dimensionamento, com o objetivo de suprir a demanda da unidade consumidora, considerou-se o kit fotovoltaico Smartflower completo de 2,5 kWp. O projeto dimensionado apresentou resultados considerados tecnicamente viáveis.

A viabilidade econômica do projeto foi elaborada com auxílio dos métodos básicos da engenharia econômica demonstrados na metodologia. Dessa forma, os resultados obtidos mostraram que o projeto foi considerado inviável economicamente, devido os critérios de decisão, que apresentaram o VPL menor que zero, a TIR menor que a TMA, não sendo possível obter o retorno financeiro no período estabelecido de 25 anos, e demonstrado tanto pelo *Payback* Simples quanto pelo *Payback* descontado, não sendo possível haver retorno financeiro no período de 25 anos.

Os resultados foram apresentados e ficou evidenciado que o sistema de rastreamento solar Smartflower, atualmente, não é atrativo financeiramente, mesmo com o aumento da produção de geração de energia solar em 40%, pois o seu custo é elevado por ser um equipamento importado e seu valor de compra ser em dólar. Comparando com um sistema convencional instalado em telhado o valor do kit fotovoltaico é de R\$ 17.217,00 evidenciando que mesmo não tendo uma geração maior o sistema instalado em telhado é melhor em termos de investimento. Ademais, a literatura pesquisada já mostrou estudos que comprovam a viabilidade técnica e econômica do Sistema convencional, nos quais têm potência real do sistema aproximada a do sistema Smartflower analisado nesta pesquisa.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se a realização de um projeto considerando o modelo de Smartflower que tem incluso um pequeno banco de baterias e outros projetos que compare os resultados econômicos com diferentes tipos de sistemas de rastreamento, dentre eles, os sistemas fotovoltaicos *Tracker* com

rastreamento nos dois eixos e em um só eixo. Ademais, estudar a viabilidade para outras regiões brasileiras levando em conta como principais fatores a irradiação solar e o custo da tarifa de energia.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410 Instalações elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Infográfico ABSOLAR**. São Paulo – SP, 2021. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>> Acesso em: 18 de Nov. 2023

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Índices de reajuste das tarifas residenciais**. Brasília: ANEEL, 2023. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZDFmMzIzM2QtM2EyNi00YjkyLWlxNDMtYTU4NTI0NWlyNTI5IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>> Acesso em: 06 de nov. 2023.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. Brasília: ANEEL, 2017.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. Brasília: ANEEL, 2017.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa, 482/2012**. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br>> Acesso em: 11 de nov. 2022.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa, 1000/2021**. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br>> Acesso em: 12 de dez. 2023.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sobre Bandeiras Tarifárias**. Brasília: ANEEL, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/bandeiras-tarifarias>> Acesso em: 5 de Dez. 2022.

BRASIL. Resolução nº 1.073, 19 de abril de 2016. Regulamenta a atribuição de títulos, atividades, competências e campos de atuação profissionais aos profissionais registrados no Sistema Confea/Crea para efeito de fiscalização do exercício profissional no âmbito da Engenharia e da Agronomia. **Diário Oficial da União**: Seção1, Brasília, DF, ed. 76, p. 245, 24 abril 2016. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/24775268/do1-2016-04-22-resolucao-n-1-073-de-19-de-abril-de-2016-24775171](https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/24775268/do1-2016-04-22-resolucao-n-1-073-de-19-de-abril-de-2016-24775171)> Acesso em: 11 Dez. 2022.

BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. **Administração financeira: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRUM, L. M. **Sistemas De Microgeração Distribuída De Energia Fotovoltaica Conectados À Rede De Distribuição: Análise Da Influência Do Valor Da Tarifa De Energia Elétrica No Retorno Econômico De Dois Projetos De Localidades**

**Diferentes.** 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete – RS, 2021.

BRUNI, A. L; FAMÁ, R. **As decisões de investimentos: com aplicações na calculadora HP12C e Excel.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

BUARQUE, Cristovam. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática.** Rio de Janeiro: Campus, 1984.

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

CANAL SOLAR. **Smartflower: benefícios e aplicações.** [2021]. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/smartflower-beneficios-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 25 Out. 2022.

CARNEIRO, J. **Módulos fotovoltaicos: características e associações.** Universidade do Minho, Guimarães, 2010.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKKE, Bruno H. **Análise de investimentos: manual para solução de problemas e tomadas de decisão.** São Paulo: Atlas, 2020.

CASSOL, P. F. **Avaliação da viabilidade econômica de projetos de geração de energia fotovoltaica em duas regiões brasileiras.** 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete – RS, 2019.

CLEMENTE, A; SOUZA, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos.** São Paulo: Atlas, 2008.

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária, Convênio ICMS Nº 42 de 16 de maio de 2018. **Altera o Convênio ICMS nº 16, de 22 de abril de 2015.** Brasília: CONFAZ, 2018.

CÔRTEZ, J. G. P. **Introdução à economia da engenharia.** São Paulo: Cengage Learning, 2012.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Grupo de Trabalho de Energia Solar. **Energia solar: princípios e aplicações.** CRESESB, Rio de Janeiro, 2006.

CRESESB. **Componentes de um sistema fotovoltaico,** 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=tutorial\\_solar](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar)>. Acesso em: 12 de Dez. 2022.

DAMODARAN, A. **Finanças Corporativas: Teoria e Prática.** 2. Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004.

DISOLE ENERGIA. **Flor solar ou SmartFlower**. [2021]. Disponível em: <<https://www.disoleenergia.com.br/post/flor-solar-ou-smartflower>>. Acesso em: 25 Nov. 2022.

EHRlich, P. J; MORAES, E. A. **Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar\\_COGEN/NT\\_EnergiaSolar\\_2012.pdf](http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/NT_EnergiaSolar_2012.pdf)>. Acesso em: 10 de Out. 2022.

Factor Energia – **Catálogo SmartFlower**. Disponível em: <<https://factorenergia.pt/wp-content/uploads/2017/11/POP-Catalogue-PT.pdf>> Acesso em: 3 de Dez. 2022.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos conversão e viabilidade técnico-econômica**. Grupo de Energias PEA – Escola Politécnica Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

FGV. IGP-M Índice Geral de Preços – Mercado. Disponível em: <[https://portal.fgv.br/noticias/igp-m-setembro-2023?utm\\_source=portal-fgv&utm\\_medium=fgvnoticias&utm\\_id=fgvnoticias-2023-09-28](https://portal.fgv.br/noticias/igp-m-setembro-2023?utm_source=portal-fgv&utm_medium=fgvnoticias&utm_id=fgvnoticias-2023-09-28)>. Acesso em 17 Out. 2023, 23:05.

FREITAS, B.M. de R; HOLLANDA, L. **Micro e Minigeração no Brasil: Viabilidade Econômica e Entraves do Setor**. [S.I.]: FGV Energia, 2015. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/artigos/micro-e-minigeracao-no-brasil-viabilidade-economica-e-entraves-do-setor>>. Acesso em: 15 de Set. 2022.

FREZATTI, F. **Gestão da viabilidade econômico-financeira dos projetos de investimento**. São Paulo, SP: Atlas, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GOMES, J. **Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos: tópicos práticos de finanças para gestores não financeiros**. São Paulo: Atlas, 2013.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. São Paulo: Atlas, 2000.

HOJI, M. **Administração Financeira e Orçamentária: Matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

INFLATION. **Inflação Histórica Brasil – IPC**. 2023. Disponível em: <<https://www.inflation.eu/pt/taxas-de-inflacao/brasil/inflacao-historica/ipc-inflacao-brasil.aspx>>. Acesso em: 06 de Nov. de 2023.

IPEA. **Taxa de juros - Selic - fixada pelo Comitê de Política Monetária (Copom)**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em 08 Nov. 2023, 20:55.

LEMES JÚNIOR, Antônio Barbosa; CHEROBIM, A Paula Mussi Szabo; RIGO, Cláudio Miessa. **Fundamentos de finanças empresariais: técnicas e práticas essenciais**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2015.

MOREIRA, S. R. J. **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022.

NEOSOLAR – Neosolar Energia. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**. São Paulo: NEOSOLAR, 2018. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>> Acesso em: 3 de dez. 2022.

NEWNAN, D.; LAVELLE, J. **Fundamentos de Engenharia Econômica**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2000.

NICOLA, V. A. **Análise da viabilidade técnica e econômica de um sistema fotovoltaico residencial: comparação entre dados dimensionado pela empresa que realizou a instalação versus dados executados pelo cliente**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete – RS, 2019.

PAMPLONA, E.O.; MONTEVECHI, J.A.B. **Engenharia econômica I**. São Paulo, 2006.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2ed. São José dos Campos 2017.

PINHO, J. T., GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 2ed. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.

PPCEE – PROJETO PEDAGÓGICO DE CURSO ENGENHARIA ELETRICA, **Capítulo II – Das Atribuições para o desempenho de atividades no âmbito das competências profissionais**. Alegrete, 2009.

RÖRIG, T. **Análise comparativa da viabilidade econômica de sistema fotovoltaico conectado à rede considerando a mesma residência em cidades diferentes**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete-RS, 2019.

ROSS, Stephen A. et. al. **Fundamentos de administração financeira**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

Smartflower Company – **Tech Specs**. Disponível em: < <https://smartflower.com/tech-specs/>> Acesso em: 19 de Nov. 2023.

Smartflower Company – **SmartFlower products**. Disponível em: <<https://smartflower.com/products/>> Acesso em: 3 de Dez. 2022.

SOUZA, Almir F. **Avaliação de investimentos: uma abordagem prática**. São Paulo: Saraiva, 2007.

TORRES, O. F. F. **Fundamentos da Engenharia Econômica**. Boston, editora Cengage Learning, 2006.

VERAS, L.L. **Matemática Financeira**. São Paulo: Atlas, 2001.

VILLALVA, M.G. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.