

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

MAURICIO CAMILO COSTA GISLER

**VIABILIDADE FINANCEIRA DE FAZENDAS FOTOVOLTAICAS  
NO RIO GRANDE DO SUL**

PORTO ALEGRE

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Mauricio Camilo Costa Gisler

**VIABILIDADE FINANCEIRA DE FAZENDAS FOTOVOLTAICAS  
NO RIO GRANDE DO SUL**

Projeto de diplomação que será apresentado ao Departamento de Engenharia elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos de graduação em Engenharia elétrica.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thieli Smidt Gabbi

Porto Alegre

2023

Mauricio Camilo Costa Gisler

**VIABILIDADE FINANCEIRA DE FAZENDAS FOTOVOLTAICAS  
NO RIO GRANDE DO SUL**

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da disciplina de Projeto de Diplomação II, do Curso de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thieli Smidt Gabbi

Banca Examinadora:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thieli Smidt Gabbi

Doutora pela UFSM – Santa Maria, Brasil

Prof. Ms. Ben Hur Bandeira Boff

Mestre pela UFRGS - Porto Alegre, Brasil

Prof. Dr. Gustavo Guilherme Koch

Doutor pela UFSM – Santa Maria, Brasil

Porto Alegre, 20 de Abril de 2023

## Resumo

Este estudo analisa a viabilidade financeira de uma Fazenda Fotovoltaica (FFV) no Rio Grande do Sul, considerando-a como uma usina solar de micro ou minigeração distribuída. A cidade de Porto Alegre é escolhida como local de implementação, apesar de ter menor irradiação solar em comparação com outras cidades do Rio Grande do Sul, por ser um grande centro populacional. O estudo está focado na perspectiva do investidor e realiza dois estudos de caso, considerando a aquisição ou o aluguel do terreno. O software PVsyst é usado para realizar o dimensionamento de uma FFV de 500 kWp e estimar a produção de energia anual. Para análise do retorno financeiro, são calculados os indicadores financeiros, como VPL, TIR, Payback, taxa de lucratividade e valor presente. Todos os cenários analisados apresentam resultados positivos, sendo o pessimista aquele com menor retorno financeiro, conforme esperado durante o desenvolvimento do estudo.

**Palavras chaves:** FFV, usina solar, geração distribuída, geração compartilhada, viabilidade financeira

## Abstract

This study analyzes the financial viability of a Photovoltaic Farm (FFV) in Rio Grande do Sul, considering it as a micro or mini-distributed solar power plant. The city of Porto Alegre is chosen as the implementation site, despite having lower solar irradiation compared to other cities in Rio Grande do Sul, due to its large population center. The study focuses on the investor's perspective and conducts two case studies, considering the acquisition or rental of the land. The PVsyst software is used to perform the sizing of a 500 kWp FFV and estimate the annual energy production. For financial return analysis, financial indicators such as NPV, IRR, Payback, profitability rate, and present value are calculated. All analyzed scenarios show positive results, with the pessimistic one presenting the lowest financial return, as expected during the study's development.

**Keywords:** FFV, solar plant, distributed generation, shared generation, financial viability

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> – Sistema de compensação de energia elétrica.....	20
<b>Figura 2</b> – Evolução da GD no Brasil.....	25
<b>Figura 3</b> - Efeito Fotovoltaico.....	26
<b>Figura 4</b> – Estrutura da TUSD .....	34
<b>Figura 5</b> - Estrutura da TE.....	34
<b>Figura 6</b> - Demonstração dos principais custos do fornecimento de energia .....	35
<b>Figura 7</b> - Evolução da capacidade energética instalada de 2005 a 2021 .....	38
<b>Figura 8</b> - Proporção dos recursos energéticos do Rio Grande do Sul.....	39
<b>Figura 9</b> - Fluxograma das principais etapas de um estudo de viabilidade de uma FFV.....	42
<b>Figura 10</b> - Dados de irradiação solar na Avenida do Lami em Porto Alegre.....	46
<b>Figura 11</b> – Dados locais da FFV para o dimensionamento.....	46
<b>Figura 12</b> – Resumo do sistema.....	47
<b>Figura 13</b> – Produção energética diária, mensal e anual da FFV .....	47
<b>Figura 14</b> – Relação entradas/saídas de dados no PVSyst.....	48

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Valor do metro quadrado de cada trecho da Avenida do Lami, em Porto Alegre....	45
<b>Tabela 2</b> - Orçamento dos equipamentos e serviços de uma FFV de 500kWp .....	48
<b>Tabela 3</b> - Forma de cobrança dos custos mensais da FFV .....	51
<b>Tabela 4</b> - Exemplo da cobrança de aluguel de uma FFV.....	53
<b>Tabela 5</b> - Tributos aplicáveis ao aluguel do sistema fotovoltaico .....	54
<b>Tabela 6</b> - Resumo das receitas da FFV.....	56
<b>Tabela 7</b> - Resumo das despesas iniciais da FFV.....	56
<b>Tabela 8</b> - Resumo das despesas mensais da FFV .....	57
<b>Tabela 9</b> - Custos operacionais para cada cenário.....	57
<b>Tabela 10</b> - Despesas iniciais totais para os dois casos.....	57
<b>Tabela 11</b> - Fluxos de caixa para o Estudo de Caso 1.....	58
<b>Tabela 12</b> - Fluxos de caixa para o Estudo de Caso 2 .....	58
<b>Tabela 13</b> - Fluxo de caixa e VPs para o cenário otimista do Estudo de Caso 1 .....	59
<b>Tabela 14</b> - Indicadores financeiros finais para o cenário otimista Estudo de Caso 1.....	60
<b>Tabela 15</b> - Fluxo de caixa e VPs para o cenário realista do Estudo de Caso 1 .....	61
<b>Tabela 16</b> - Indicadores financeiros finais para o cenário realista do Estudo de Caso 1 .....	62
<b>Tabela 17</b> - Fluxo de caixa e VPs para o cenário pessimista do Estudo de Caso 1 .....	62
<b>Tabela 18</b> - Indicadores financeiros finais para o cenário pessimista do Estudo de Caso 1.....	63
<b>Tabela 19</b> - Fluxo de caixa e VPs para o cenário otimista do Estudo de Caso 2 .....	64
<b>Tabela 20</b> - Indicadores financeiros finais para o cenário otimista do Estudo de Caso 2 .....	65
<b>Tabela 21</b> - Fluxo de caixa e VPs para o cenário realista do Estudo de Caso 2 .....	65
<b>Tabela 22</b> - Indicadores financeiros finais para o cenário realista do Estudo de Caso 2 .....	66
<b>Tabela 23</b> - Fluxo de caixa e VPs para o cenário pessimista do Estudo de Caso 2.....	67
<b>Tabela 24</b> - Indicadores financeiros finais para o cenário pessimista do Estudo de Caso 2.....	67

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1</b> - Dados das estações meteorológicas.....	40
<b>Quadro 2</b> - Recorrência das receitas da FFV.....	49
<b>Quadro 3</b> - Recorrência das principais despesas da FFV.....	50

## Lista de abreviaturas

ANEEL – Agencia nacional de energia elétrica

FFV – Fazenda Fotovoltaica

RN – Resolução Normativa

SCEE – Sistema de compensação de energia elétrica

SSFV – Sistema Solar Fotovoltaico

TIR – Taxa interna de retorno

VP – Valor Presente

VPL – Valor Presente Líquido

# Sumário

1. Introdução.....	11
1.1 Contextualização.....	11
1.2 Fazenda Fotovoltaica.....	12
1.2.1 Histórico.....	12
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivos gerais.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Revisão Bibliográfica.....	15
2.1 Geração distribuída.....	15
2.1.1 Resolução Normativa nº 482/2012.....	16
2.1.2 Resolução Normativa nº 687/2015.....	16
2.1.3 Sistema de Compensação de Energia Elétrica.....	17
2.1.4 Lei 14300.....	21
2.2. Energia Fotovoltaica.....	26
2.3 Componentes do sistema fotovoltaico.....	27
2.4 Estrutura Legal da FFV.....	28
2.5 Análise financeira.....	32
2.5.1 Indicadores Financeiros.....	32
2.5.2 Tarifa de energia.....	33
2.6 Rio Grande do Sul.....	37
2.6.1 Recursos energéticos do Rio Grande do Sul.....	37
2.7. Estado da Arte.....	40
3. Metodologia.....	42

3.1	Localidade do Estudo .....	44
3.1.1	Aquisição de dados .....	44
3.2	Dimensionamento da FFV .....	46
3.4	Divisão dos custos.....	48
3.5	Estudos de caso.....	54
3.5.1	Estudo de caso 1 - Compra do terreno .....	54
3.5.2	Estudo de Caso 2 -Aluguel do terreno .....	55
3.5.3	Resumo das receitas e despesas.....	56
4.	Resultados .....	58
4.1	Considerações iniciais .....	59
4.2	Estudo de Caso 1.....	59
4.2.1	Cenário Otimista.....	59
4.2.2	Cenário Realista.....	61
4.2.3	Cenário Pessimista .....	62
4.3	Estudo de Caso 2.....	64
4.3.1	Cenário Otimista.....	64
4.3.2	Cenário Realista.....	65
4.3.3	Cenário Pessimista.....	66
4.4	Considerações finais.....	68
5.	Conclusões.....	69
5.1	Sugestão de trabalhos futuros.....	70
	Referências.....	71

# 1. Introdução

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade financeira de uma usina solar de minigeração distribuída que se enquadrará na modalidade de geração compartilhada, a qual neste trabalho será adotado o termo de Fazenda Solar Fotovoltaica (FFV). A viabilidade financeira será determinada considerando diferentes cenários e condições para a comercialização de energia.

## 1.1 Contextualização

No decorrer da última década, o cenário energético brasileiro passou por grandes transformações. O número de parques eólicos e sistemas fotovoltaicos instalados cresceu significativamente, além de outras fontes de energia renovável começaram a ser exploradas. A sustentabilidade ganhou destaque como tema central, e cada vez mais o governo e empresas vem buscando alternativas para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Neste contexto, que a Resolução Normativa 482/2012 regulamentou o conceito de Geração Distribuída (GD), permitindo que consumidores possam gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, e repassar o excedente para a rede de distribuição local. Essa nova modalidade de geração de energia tem se mostrado uma opção viável para o futuro energético do país.

A Resolução Normativa nº 687 de 2015 introduziu novas categorias como autoconsumo remoto, condomínios solares e geração compartilhada, ampliando significativamente as possibilidades de entrada no mercado de energia solar tanto como produtor, quanto como consumidor. A categoria de geração compartilhada permitiu o surgimento das FFVs, nas quais uma pessoa física pode adquirir um sistema fotovoltaico e distribuir a energia produzida para outras pessoas físicas ou jurídicas no formato de cooperativas ou consórcios (Schuina, 2021).

Os sistemas de geração de energia fotovoltaica solar possuem inúmeros aspectos positivos, mas também apresentam obstáculos, tais como o elevado custo de aquisição dos componentes, e a necessidade de uma área disponível para a produção de energia, seja no telhado ou no solo. Com base nos obstáculos citados anteriormente, as FFVs tornam-se uma alternativa para a geração de energia solar, pois não é necessário que o consumidor tenha espaço disponível para a instalação dos equipamentos, nem que ele os compre. Nas FFVs, os equipamentos necessários para a produção de energia são de propriedade da empresa ou do indivíduo responsável pela usina, o que permite que o consumidor de energia possa participar da geração de energia solar sem a necessidade de investir em equipamentos ou espaço físico.

## 1.2 Fazenda Fotovoltaica

O conceito de Fazenda Fotovoltaica não é previsto em legislação e por isso não existe uma definição legal única, entretanto FFV é modelo de negócio emergente, que oferece diversas oportunidades de investimento e geração de energia limpa e renovável, é um termo popular em diversos países, principalmente em regiões com alta incidência de luz solar. Empresas de engenharia oferecem serviços de instalação e manutenção dessas fazendas para seus clientes e investidores, que podem obter retorno financeiro com a comercialização da energia gerada. É fundamental que os investidores estejam atentos às características do empreendimento, como potência instalada, tipo de conexão com a rede elétrica e viabilidade econômica.

Este trabalho tratará FFVs como usinas solares de micro e minigeração distribuída que através da modalidade geração compartilhada distribua energia para diversas unidades consumidoras, reunidas em algum tipo de organização coletiva (consórcio, cooperativa ou associação civil) que será veículo de compensação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). Essas organizações coletivas farão a locação do sistema fotovoltaico, assumindo assim a titularidade da produção de energia.

### 1.2.1 Histórico

O termo Fazenda Solar surgiu quando alguns fazendeiros alemães no decorrer da década de 1980 e 1990 começaram a “cultivar” energia solar em porções de suas terras que não estavam sendo utilizadas para agropecuária ou para outras atividades. Inicialmente caracterizava-se pela coexistência de práticas agrícolas e produção de energia solar, recebendo então o nome de agrivoltaicos (GOETZBERGER, 1981), para, dessa forma, diminuir os custos de produção de suas atividades, com o tempo, os fazendeiros alemães ganharam reconhecimento governamental, incentivo e a possibilidade de revender a energia produzida às distribuidoras.

Em todo o mundo, o método é conhecido por diferentes nomes. Os autores propõem diferentes terminologias para o conceito de um sistema agrivoltaico. Por exemplo, no contexto de pesquisa alemão, é conhecido como "agrofotovoltaica (APVs)", no contexto de pesquisa francês, italiano e americano, é conhecido como "*agrovoltatics*", e no contexto de pesquisa asiático, "agricultura fotovoltaica" e "compartilhamento solar" (Chalgynbayeva et al, 2021). Desses termos, teria nascido o termo "*solar farm*", para se referir a propriedades rurais que também produzem energia elétrica, que pode ser traduzido livremente como Fazenda Solar.

O modelo de Fazenda Solar traz uma solução inovadora para a redução dos custos de aquisição de um sistema fotovoltaico e para usuários que não possuem local adequado para gerar a sua própria energia. Nesse modelo, um grupo de consumidores se unem através organizações coletivas previstas em lei e compartilham a geração de uma planta de maior escala, localizada em um único local específico. Os interessados nesse modelo são locatários de imóveis, empresas comerciais que alugam edifícios, residências ou empresas com sombreamento ou sem condições estruturais para instalar um sistema fotovoltaico (de Souza, 2020).

Em geral na Fazenda Solar, uma empresa em parceria com investidores, depois do processo de construção e instalação vão alugando frações de lotes dessa usina para os clientes. A energia gerada é quase totalmente injetada na rede, e através do sistema de compensação a energia é destinada proporcionalmente aos consumidores que adquirirem os lotes contendo os equipamentos do sistema fotovoltaico.

É válido reforçar que a proposta de valor deste modelo de negócio está na possibilidade de geração de energia solar sem necessidade de investimento do cliente, pagando um valor de aluguel inferior ao custo de energia tradicional da concessionária. O valor do aluguel é determinado a partir da economia gerada para a locatária e do plano de assinatura (tempo de contratação), que pode ser mensal, semestral ou anual, proporcionando flexibilidade ao cliente, quanto maior o tempo de contratação, maior é o desconto oferecido ao cliente. Os proprietários das Fazendas Solares utilizam as regras dispostas na regulamentação da geração distribuída, especificamente as regras vigentes para a modalidade de geração compartilhada.

Portanto, o modelo de Fazenda Solar propõe-se a eliminar a barreira de alto investimento e as dificuldades burocráticas de instalação de um sistema. Entretanto, exige uma infraestrutura que engloba a parceria com bancos, investidores e equipe jurídica para elaboração e acompanhamento dos contratos, dada a longa relação necessária entre a empresa e o cliente e, principalmente, porque há a transferência de posse, mas não de propriedade da FFV para o cliente, cabendo a devolução do sistema ao final do contrato. Esse fato reforça a necessidade de um agente comercializador participando dos trâmites deste processo de comercialização de energia, para que haja entendimento sem prejuízo de nenhuma das partes.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivos gerais

Analisar a viabilidade financeira para implementação de uma usina solar de minigeração distribuída, com capacidade de 500 kWp, instalada na Avenida do Lami, na cidade de Porto Alegre – RS.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

1. Desenvolver uma revisão bibliográfica a respeito das resoluções normativas e leis vigentes para implementação do sistema fotovoltaico;
2. Projetar um sistema fotovoltaico com capacidade de 500 kWp através do *software* PVsyst;
3. Analisar dois estudos de caso, em que o Estudo de Caso 1 considera a compra do terreno para instalação do sistema fotovoltaico e o Estudo de Caso 2 considera o aluguel do terreno;
4. Analisar para cada estudo de caso diferentes cenários (realista, otimista e pessimista), em que são propostos diferentes valores para o preço do aluguel do sistema fotovoltaico ao consumidor;
5. Utilizar indicadores financeiros para avaliar o retorno financeiro da FFV, em ambos os estudos de caso, e nos diferentes cenários.

## 2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo, serão abordados os conceitos fundamentais para a compreensão do trabalho sobre Fazendas Solares. Além disso, serão apresentadas referências a outros estudos que foram utilizados como base teórica para a elaboração deste projeto. Será abordada a legislação relacionada ao setor elétrico, que apesar de não mencionar especificamente as FFVs, proporciona a legalidade e legitimidade para sua instalação.

No Brasil, a regulamentação do setor elétrico é realizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). As distribuidoras de energia elétrica possuem como principal função distribuir a energia aos consumidores finais, cobrando destes o serviço prestado. A energia elétrica pode ter seu custo variado por diversos fatores, sendo o principal a escassez de chuvas que limita a geração de energia das usinas hidrelétricas, sendo necessário o despacho de usinas termelétricas para suprir a demanda. Além de serem poluentes ao meio-ambiente, usinas as termelétricas possuem um custo de produção mais elevado em comparação às usinas hidrelétricas, por isso o preço pago pelo consumidor final será maior em tempos de seca. Além do fato que as usinas hidrelétricas nem sempre apresentam constância e a produção de energia diminuir significativamente, ainda existe a problemática dos fortes impactos ambientais provocado pelas hidrelétricas. As adversidades presentes no contexto das usinas hidrelétricas e termelétricas contribuíram em parte para o impulsionamento da geração distribuída.

### 2.1 Geração distribuída

Como alternativa a produção de energia elétrica através de fontes hidrelétricas e termelétricas, surge do decorrer da década de 2010, o conceito de Recurso Energético Distribuído (RED). Os REDs são tecnologias de geração e/ou armazenamento de energia elétrica que estão localizadas dentro dos limites da área de alguma concessionária de distribuição de energia. Segundo EPE (2018), esses recursos geralmente estão próximos às unidades consumidoras, atrás dos medidores (*behind-the-meter*). REDs são um conceito amplo que abrange vários aspectos tais como:

- i) geração distribuída (GD),
- ii) armazenamento de energia,
- iii) veículos elétricos (VE) e estrutura de recarga,
- iv) eficiência energética,
- v) gerenciamento pelo lado da demanda (GLD).

A GD foi sobretudo um processo de descentralização da produção de energia, através da permissão e do estabelecimento de regras para que consumidores pudessem também produzir a sua própria energia, por essa razão muitas vezes é referida como geração descentralizada de energia, e um dos primeiros passos foi a Resolução Normativa nº482/2012.

### 2.1.1 Resolução Normativa nº 482/2012

A regulamentação da microgeração e minigeração distribuída através da publicação da Resolução Normativa nº 482 (RN nº 482/2012), no dia 17 de abril de 2012, foi o ponto de partida para que unidades consumidoras de energia pudessem também gerar sua própria energia (Schroer, 2022). O Art. 2º da RN nº 482/2012 definiu pela primeira vez dois importantes conceitos que seriam utilizados,

“Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;”

O conceito de micro e minigeração distribuída é amplamente aplicável a fontes de energia renováveis, como energia eólica, solar, geotérmica e pequenas hidrelétricas. Essas fontes de energia podem ser usadas desde que estejam dentro dos limites de potência estabelecidos pela GD. Além disso, para que as unidades produtoras-consumidoras, também conhecidas como prosumidores, possam se enquadrar nesses conceitos, é necessário que o sistema de medição seja adequado e que os custos envolvidos sejam arcados pelos interessados. Esta etapa é fundamental para a participação no SCEE.

### 2.1.2 Resolução Normativa nº 687/2015

A Resolução Normativa nº 687/2015 (RN nº 687/2015) alterou a RN nº 482/2012 e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST. A RN nº 687/2015 atualizou os conceitos de micro e minigeração distribuída, e ainda, inseriu os conceitos de geração compartilhada e autoconsumo remoto. Essas modalidades permitem que uma unidade consumidora produza sua energia, mesmo distante de sua carga. Desta forma, foram criadas possibilidades para a criação de FFVs (Schuina, 2021). Os conceitos de geração compartilhada e autoconsumo remoto são apresentados no Art. 2º, incisos VII e VIII, da seguinte forma,

“VII – geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;

VIII – autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.”

O autoconsumo remoto permite que uma pessoa jurídica produza energia solar para unidades consumidoras de sua titularidade, mesmo que distante das cargas de suas unidades consumidoras, mas dentro da mesma área de concessão, desta forma, por exemplo, um empresário pode produzir e distribuir energia (com auxílio da concessionária local) para todas as filiais de sua empresa. Através da modalidade geração compartilhada e do SCEE, um sistema fotovoltaico pode produzir sua energia e distribuir para diferentes unidades consumidoras que se organizem através de organizações coletivas. O sistema fotovoltaico produz e injeta a energia produzida na rede da concessionária local, gerando créditos de energia que serão aproveitados pelas unidades consumidoras.

Portanto, a RN nº 687/2015 abriu a possibilidade de produzir energia distante da carga do consumidor, e para consumidores de diferentes titularidades, foi fundamental para que o mercado de energia solar crescesse, juntamente com novos modelos de negócios. Ao mesmo tempo, aumentou a responsabilidade e a importância do SCEE, forçando que as normas do sistema de compensação fossem redefinidas e atualizadas.

### 2.1.3 Sistema de Compensação de Energia Elétrica

Com o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), o produtor de energia pode injetar a energia produzida pelo sistema na rede elétrica, gerando um crédito que será utilizado pelas unidades consumidoras, abrindo assim a possibilidade para a comercialização desse crédito, que no caso das FFVs se dará por meio do aluguel de um determinado número de placas solares, visto que a venda direta de energia no Brasil é permitida apenas por leilões regulados pela ANEEL e para produtores devidamente registrados na CCEE. É importante salientar que o SCEE além de permitir que a unidade consumidora receba energia de uma instalação remota, contribui também para evitar o desperdício energético, pois caso a unidade consumidora receba mais energia do que consome, essa energia ainda pode ser redirecionada, gerando créditos para esta unidade consumidora.

O sistema de compensação de energia elétrica foi definido inicialmente pelo Art. 2º, inciso III, da RN nº 248/2012,

“III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa gerada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída compense o consumo de energia elétrica ativa.”

e seu entendimento foi atualizado pelo Art. 2º, inciso III, da RN nº 687/2015,

“III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;”

As definições de SCEE presentes na RN nº 482/2012 e na RN nº 687/2015 apresentam diferenças significativas. Enquanto a RN nº 482/2012 define o sistema de compensação como aquele em que a energia ativa gerada por unidades de micro e minigeração distribuída compensa o consumo de energia elétrica ativa, a RN nº 687/2015 atualiza essa definição, acrescentando que a energia ativa injetada por unidades de micro e minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa. Essa atualização reflete a necessidade de aprimorar o SCEE, garantindo que a geração distribuída possa ser integrada ao sistema elétrico, de forma mais justa e transparente, beneficiando tanto os consumidores quanto as distribuidoras.

Além disso a RN nº 687/2015 inseriu as novas modalidades da geração distribuída que poderiam participar do SCEE através do Art. 6º:

“Art. 6º Podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora:  
I – com microgeração ou minigeração distribuída;  
II – integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras;  
III – caracterizada como geração compartilhada;  
IV – caracterizada como autoconsumo remoto.”

Para complementar o Art. 6º, foi acrescentado que as distribuidoras de energia não incluiriam no SCEE os consumidores que arrendassem a área onde a micro ou minigeração estivesse instalada a partir de um preço de arrendamento em reais por unidade de energia elétrica. O Art. 6-A da resolução estabelece que:

“Art. 6-A A distribuidora não pode incluir os consumidores no sistema de compensação de energia elétrica nos casos em que for detectado, no documento que comprova a posse ou propriedade do imóvel onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída, que o consumidor tenha alugado ou

arrendado terrenos, lotes e propriedades em condições nas quais o valor do aluguel ou do arrendamento se dê em reais por unidade de energia elétrica.”

Essa restrição tem sido uma das principais razões para as FFVs serem conhecidas como usinas por aluguel, uma vez que a venda de energia elétrica, a partir da geração compartilhada, é proibida no Brasil. No entanto, é permitido alugar o terreno e os equipamentos onde a energia é produzida, desde que, o valor do aluguel não se dê em reais por unidade de energia elétrica.

No dia 07 de fevereiro de 2023 foi publicada a Resolução Normativa ANEEL N° 1.059 que aprimorou as regras para conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras para o SCEE, alterando as RN n° 920/2021, RN n° 956/2021, a RN n° 1000/2021 e a RN n°1009/2022. No Capítulo XI é apresentado o Art. 655, que define a forma de conexão de microgeração e minigeração distribuída, critérios para participação e permanência na SCEE e faturamento de unidades consumidoras do SCEE. Em relação aos critérios para participação e permanência na SCEE, observa-se o Art. 655-F, que prevê que,

Art. 655-F. Na ocorrência de indício de recebimento irregular de benefício associado ao SCEE, a distribuidora deve adotar as providências para sua fiel caracterização, compondo um conjunto de evidências que comprovem o recebimento irregular do benefício.

§1º Na aplicação deste artigo, a distribuidora deve utilizar o procedimento descrito do art. 325.

§2º Caso se constate recebimento irregular de benefício associado ao SCEE, a distribuidora deve adotar as seguintes providências:

I - desconsiderar a energia ativa injetada pela central geradora no SCEE e benefícios recebidos nos faturamentos a partir da constatação, até que a situação seja regularizada; e

II - revisar o faturamento das unidades consumidoras indevidamente beneficiadas, desconsiderando a energia ativa injetada pela central geradora no SCEE e benefícios recebidos durante o período em que se constatou a irregularidade, aplicando os seguintes parâmetros:

a) as quantias a serem recebidas ou devolvidas devem ser atualizadas monetariamente pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA;

b) os prazos para cobrança ou devolução são de até 36 ciclos de faturamento; e

c) a cobrança pode ser parcelada a critério da distribuidora, nos termos do art. 344.

Vale ressaltar que o crédito compensado é remunerado pelo valor da tarifa de energia elétrica da distribuidora local, ou seja, ao injetar o excedente na rede, a energia injetada recebe o valor do preço de varejo praticado no mercado cativo de energia. Portanto, essa remuneração do excedente também deve ser levada em consideração ao fazer uma análise de viabilidade do

empreendimento juntamente com o custo da aquisição de sistema e a economia que ele proporcionará.

O Art. 655-I define como deverá ser o faturamento das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia, o artigo diz que:

“Art. 655-I. No faturamento no grupo B de unidade consumidora participante do SCEE, o consumidor deve pagar à distribuidora a soma das seguintes parcelas:  
I - parcela referente à energia ativa consumida da rede de distribuição;  
II - parcela referente à energia ativa injetada na rede de distribuição.”

Para o correto funcionamento do SCEE é necessário recorrer as normas estabelecidas pela ANEEL em conjunto com a distribuidora local, lembrando que até o momento não é possível compensar créditos para distribuidoras diferentes, sendo necessário que a geração, a distribuição e o consumo se deem pela mesma distribuidora. Para adequação há diferentes normas relacionadas ao quadro de energia e ao medidor que contabilizará a energia elétrica, sendo necessário a instalação de um medidor bidirecional que permitirá o recebimento e a injeção de energia na rede da distribuidora. A Figura 1 mostra com maior clareza os agentes participantes do SCEE

**Figura 1** – Sistema de compensação de energia elétrica



**Fonte:** REY SOLAR, 2019

A energia elétrica proveniente de fontes renováveis chega à unidade consumidora para ser utilizada em suas atividades cotidianas. Caso a energia que chegue à unidade consumidora seja maior que a sua demanda, esta unidade consumidora tem a possibilidade de através de um medidor bidirecional injetar o excedente de energia na rede elétrica, e contabilizar essa energia, para assim gerar seus créditos de energia.

#### 2.1.4 Lei 14300

No dia 6 de janeiro de 2022 foi sancionada a Lei 14300 (BRASIL, 2022), que instituiu o marco legal da geração distribuída. Até 2022 haviam sido publicadas apenas resoluções normativas e seus aprimoramentos subsequentes, que eram as principais normas da geração distribuída até então. No ordenamento jurídico brasileiro, as leis são normas criadas pelo poder legislativo, através do processo legislativo, e têm como finalidade a regulamentação de situações gerais e abstratas, com aplicação em todo o território nacional. Já as resoluções normativas são normas criadas por órgãos administrativos, como agências reguladoras, para regulamentar temas específicos dentro de suas áreas de atuação. Embora ambas tenham força normativa, as leis são superiores às resoluções normativas, uma vez que têm um maior grau de hierarquia dentro do ordenamento jurídico. Isso significa que, em caso de conflito entre uma lei e uma resolução normativa, prevalece a lei. É importante ressaltar que a hierarquia das normas no ordenamento jurídico brasileiro é definida pela Constituição Federal, que estabelece a supremacia da Constituição sobre todas as outras normas, seguida das leis, tratados internacionais, decretos e demais normas infralegais. A existência de uma lei proporciona uma segurança jurídica maior do que uma resolução normativa, entretanto se faz necessário analisar minuciosamente a lei para tomar decisões sobre futuros investimentos relacionados a geração distribuída.

Pode-se dizer que as normas aprovadas na década passada pela RN nº482/2012 foram substituídas pela Lei 14300 (Schroer, 2022), que altera alguns aspectos da geração distribuída no país. Por isso, é válido fazer um estudo dos impactos que a nova Lei trará aos consumidores finais e aos futuros investimento neste mercado.

O entendimento sobre minigeração distribuída foi atualizado, passando a considerar que o limite da minigeração distribuída é de 5 MW para fontes despacháveis e 3 MW para fontes não despacháveis e isso implica diretamente no caso da energia solar (BRASIL, 2022). Os incisos IX e XII do primeiro artigo dizem que:

“IX - fontes despacháveis: as hidrelétricas, incluídas aquelas a fio d'água que possuam viabilidade de controle variável de sua geração de energia, cogeração qualificada, biomassa, biogás e fontes de geração fotovoltaica, limitadas, nesse caso, a 3 MW (três megawatts) de potência instalada, com baterias cujos montantes de energia despachada aos consumidores finais apresentam capacidade de modulação de geração por meio do armazenamento de energia em baterias, em quantidade de, pelo menos, 20% (vinte por cento) da capacidade de geração mensal da central geradora que podem ser despachados por meio de um controlador local ou remoto;

XIII - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica renovável ou de cogeração qualificada que não se classifica como microgeração distribuída e que possua potência instalada, em corrente alternada, maior que 75 kW (setenta e cinco quilowatts), menor ou igual a 5 MW (cinco megawatts) para as fontes despacháveis e menor ou igual a 3 MW (três megawatts) para as fontes não despacháveis, conforme regulamentação da Aneel, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras;”

Outro aspecto importante da Lei 14300 é que além das possibilidades da comercialização de energia solar através dos veículos de compensação (organizações coletivas) que já eram previstos (consórcio e cooperativas) abriu-se a possibilidade de inserir associações civis que mesclam pessoas físicas e pessoas jurídicas. Dessa forma, uma única usina solar pode comercializar energia para um conjunto habitacional, por exemplo, e ao mesmo tempo para comércios e pequenas indústrias próximas a essa habitação. Ficou definido no Art. 1º a Geração Compartilhada, da forma,

“X - geração compartilhada: modalidade caracterizada pela reunião de consumidores, por meio de consórcio, cooperativa, condomínio civil voluntário ou edifício ou qualquer outra forma de associação civil, instituída para esse fim, composta por pessoas físicas ou jurídicas que possuam unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, com atendimento de todas as unidades consumidoras pela mesma distribuidora;”

A possibilidade da inserção de associações civis na modalidade geração compartilhada tem um caráter facilitador na comercialização de energia solar, pois cooperativas e consórcios possuem uma série de normas e regulamentações específicas que podem dificultar e atrasar no processo de homologação junto as concessionárias de energia. As associações civis são mais flexíveis, permitem pessoas físicas e jurídicas se associem para fins econômicos, definindo suas próprias regras por meio de estatutos e assembleias gerais e são regidas pelo código civil (Art. 53 ao 61).

A Lei 14300 além de ter permitido e ampliado a forma com que os consumidores de energia solar se reúnem, ampliou também as formas de compensação dos créditos de energia gerados, em seu Art. 12 permite que o excedente de energia elétrica seja compensando inicialmente para o mesmo posto tarifário da unidade consumidora que o produziu, e posteriormente para outros postos tarifários. Caso não seja descontado para a mesma unidade consumidora em uma dessas duas opções, o parágrafo 1 do Art. 12 prevê mais quatro possibilidades:

I – mesma unidade consumidora que injetou a energia elétrica, para ser utilizado em ciclos de faturamento subsequentes, transformando-se em créditos de energia elétrica;

- II – outras unidades consumidoras do mesmo consumidor-gerador, inclusive matriz e filiais, atendidas pela mesma concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica;
- III – outras unidades consumidoras localizadas no empreendimento com múltiplas unidades consumidoras que injetou a energia elétrica; ou
- IV – unidades consumidoras de titular integrante de geração compartilhada atendidas pela mesma concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica.

No Art. 14 da Lei 14300 é estabelecida a ordem de prioridades para as unidades consumidoras que serão atendidas pela geração distribuída. Até o momento, apenas o percentual de cada unidade consumidora poderia ser estipulado.

“Art. 14. O consumidor-gerador titular da unidade consumidora onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída deve definir as unidades consumidoras que receberão os excedentes de energia elétrica na forma deste artigo e estabelecer o percentual que será alocado a cada uma delas ou a ordem de prioridade para o recebimento, a seu critério.”

Portanto, assim ficou garantido que as unidades produtoras-consumidoras, a partir de 2022, possam além de receber o crédito pelo excedente de energia elétrica, definir o percentual que será realocado para outras unidades consumidoras ou uma ordem de prioridade a seu próprio critério. Entretanto, um ponto que tem sido considerado um aspecto negativo da Lei 14300 na perspectiva dos titulares das unidades consumidoras é o novo método de valoração dos créditos de energia, que estarão sujeitos às novas regras tarifárias estabelecidas pela ANEEL para GD, apresentado no Art. 17.

“Art. 17. Após o período de transição de que tratam os arts. 26 e 27 desta Lei, as unidades participantes do SCEE ficarão sujeitas às regras tarifárias estabelecidas pela Aneel para as unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída.”

Apesar disso, o Art. 26 prevê que não estarão sujeitas a essas novas regras beneficiárias de usinas de micro e minigeração que já existiam na data da publicação de lei ou que protocolassem o acesso a distribuidora até doze meses depois da publicação da lei.

“Art. 26. As disposições constantes do art. 17 desta Lei não se aplicam até 31 de dezembro de 2045 para unidades beneficiárias da energia oriunda de microgeradores e minigeradores:

- I – existentes na data de publicação desta Lei; ou
- II – que protocolarem solicitação de acesso na distribuidora em até 12 (doze) meses contados da publicação desta Lei.”

O crédito injetado na rede que antigamente era inteiramente compensado, estará sujeita a cobrança do Fio B, fazendo com que a energia cedida a rede elétrica tenha valor menor que o

crédito recebido pelo sistema de compensação. Esta regra passou a ser válida a partir de janeiro de 2023 quando a lei completou um ano, respeitando o período de vacância. Para usinas solares instaladas e homologadas antes desta data, seguiu valendo até o ano de 2045 o sistema de compensação total dos créditos de energia. A cobrança do Fio B, terá um impacto significativo em futuros investimentos em energia fotovoltaica, se refere a uma parcela da TUSD que é o custo de transporte da energia elétrica até as unidades consumidoras. O Art. 27 estabelece que a cobrança do Fio B será feita de forma escalonada a partir de 2023, e que em 2029 passa a valer a regra imposta pelo Art. 27.

“Art. 27. O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:

I - 15% (quinze por cento) a partir de 2023;

II - 30% (trinta por cento) a partir de 2024;

III - 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;

IV - 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;

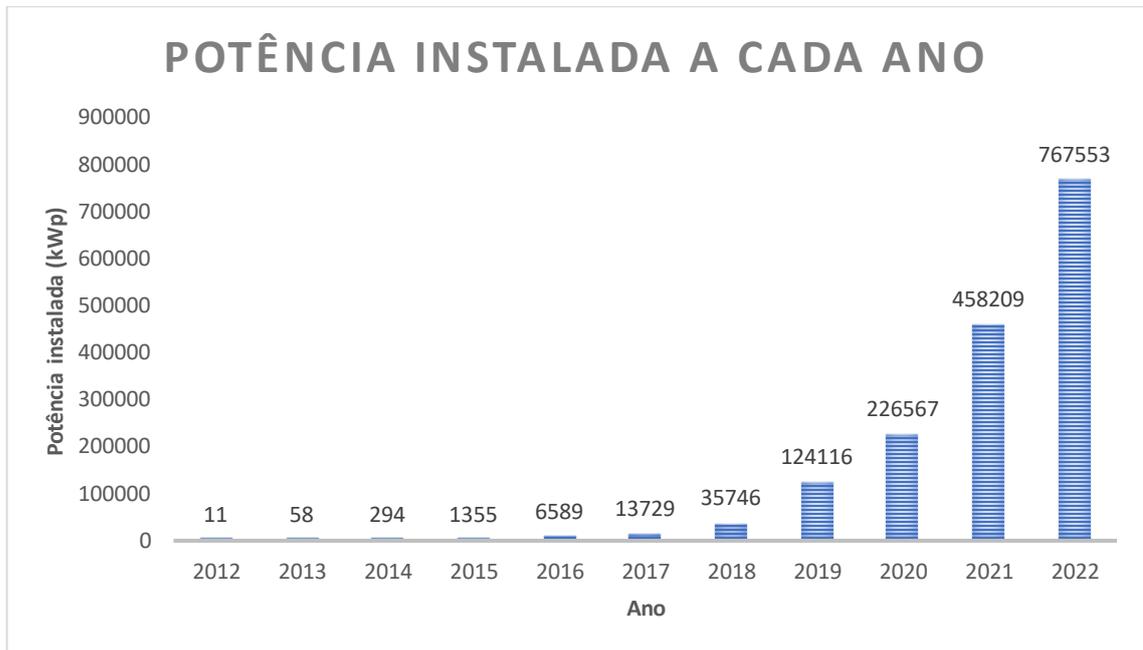
V - 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;

VI - 90% (noventa por cento) a partir de 2028;

VII - a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.”

O entendimento do sistema de cobrança do Fio B é fundamental para a análise financeira de usinas solares, FFVs ou sistemas menores conectados à rede, pois impactará os retornos financeiros do consumidor podendo afetar significativamente o *payback* do investimento aplicado em um sistema de energia solar.

A regulamentação da geração distribuída foi fundamental para o crescimento da produção de energia a partir de fontes renováveis. Até 2012 a potência instalada de energia fotovoltaica registrada pela ANEEL era insignificante e a partir da RN nº 482/2012 observou-se um crescimento exponencial.

**Figura 2** – Evolução da GD no Brasil

**Fonte:** Adaptado pelo autor de ANEELd (2023)

A Figura 2 apresenta o crescimento da geração distribuída no Brasil através da potência instalada. Observa-se o crescimento significativo da produção de energia nos anos em que foram publicadas as resoluções, RN nº 482/2012 e RN nº 687/2015. De 2012 para 2013 observou um aumento de 427% e de 2015 para 2016 um aumento de 386% da potência instalada. Por ser mais recente, ainda não se sabe o impacto da publicação da Lei 14300 no ano de 2022. A expectativa é que impulse ainda mais este mercado em constante crescimento, pois embora tenha inserido novos tipos de cobranças, em especial, a cobrança do Fio B, a existência de uma lei federal normatize a geração distribuída proporciona uma maior segurança jurídica aos futuros investimentos em energia solar, sejam eles FFV, usinas solares convencionais ou outros tipos de energia renováveis abrangidos pela lei.

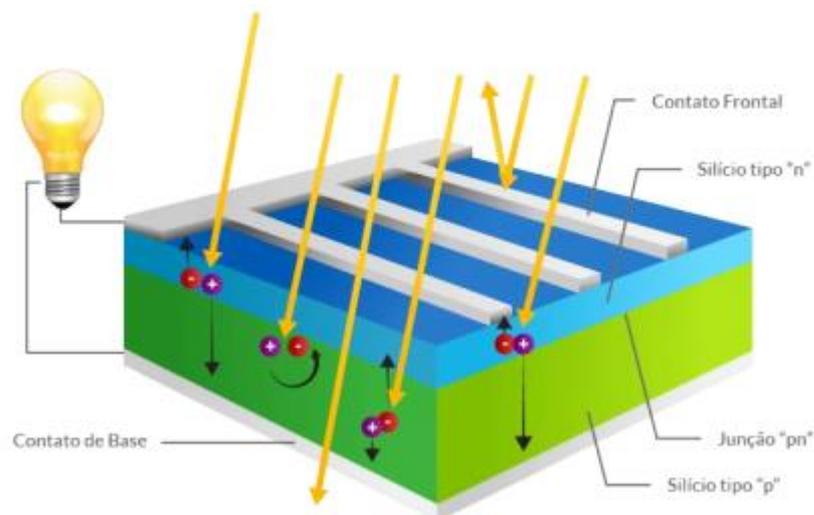
No Brasil, as leis e normas relacionadas à geração distribuída de energia solar ainda não estão completamente definidas. Embora já existam regulamentações em vigor, há muitos debates e discussões em andamento para atualizá-las e adaptá-las ao crescimento acelerado da tecnologia fotovoltaica. Por isso, é importante estar sempre atento a possíveis mudanças nas regras e requisitos para a instalação de sistemas de energia solar.

## 2.2. Energia Fotovoltaica

À medida que a radiação solar se propaga pela atmosfera, ela sofre espalhamento e absorção, resultando em uma irradiância de cerca de  $1.000 \text{ W/m}^2$  ao meio-dia solar na superfície terrestre em dias sem nuvens. Esse valor é amplamente considerado no dimensionamento de sistemas solares para a geração de eletricidade. A energia elétrica pode ser gerada a partir da energia solar por meio de duas técnicas principais: aproveitamento térmico ou efeito fotovoltaico. Ambas as técnicas têm sido amplamente utilizadas para gerar eletricidade limpa e renovável (Urbanetz Jr. J., 2010).

O efeito fotovoltaico é um fenômeno físico em que a luz solar é convertida diretamente em eletricidade. Quando a luz solar incide em um material semicondutor, como o silício, elétrons são liberados, criando um fluxo de elétrons (ou corrente elétrica). Esse processo é chamado de geração de energia elétrica a partir do efeito fotovoltaico. Os painéis solares fotovoltaicos são um exemplo de dispositivos que usam esse fenômeno para gerar eletricidade a partir da luz solar. Os painéis solares fotovoltaicos são compostos por células solares que contêm materiais semicondutores e são capazes de transformar a energia solar em eletricidade, que pode ser utilizada para alimentar dispositivos eletrônicos ou ser armazenada em baterias para uso posterior. O efeito fotovoltaico é um dos principais processos que tornam possível a geração de eletricidade a partir da energia solar (Urbanetz Jr. J., 2010).

**Figura 3** - Efeito Fotovoltaico



Fonte: Blog Blue Sol (2020)

A Figura 3 ilustra o funcionamento do efeito fotovoltaico, em que a incidência da radiação solar provoca o deslocamento dos elétrons promovendo o surgimento de um campo elétrico que será responsável por gerar a corrente elétrica no interior do semicondutor.

A célula fotovoltaica é a unidade fundamental de um módulo fotovoltaico, responsável por converter diretamente a luz solar em eletricidade. Essas células são conectadas eletricamente em arranjos série/paralelo para formar um módulo fotovoltaico, que pode ser combinado com outros módulos para criar um painel fotovoltaico com o nível de tensão e corrente desejados para alimentar uma carga. Os módulos fotovoltaicos planos, são os mais comuns, quanto módulos fotovoltaicos concentradores podem ser usados para gerar eletricidade a partir da luz solar. Todos esses módulos são conectados a conversores estáticos que processam a energia gerada e a tornam disponível para alimentar uma carga ou injetar na rede elétrica (Urbanetz Jr. J., 2010).

### **2.3 Componentes do sistema fotovoltaico**

A compreensão dos componentes de um sistema fotovoltaico é fundamental para o estudo de viabilidade financeira de um projeto de usina solar. Conhecer a funcionalidade e o papel de cada componente pode ajudar a determinar o tamanho do sistema necessário para atender à demanda de energia, os custos de instalação e manutenção, bem como as possíveis economias a serem obtidas. Além disso, a escolha adequada dos componentes pode garantir a eficiência e a durabilidade do sistema, aumentando a sua vida útil e reduzindo os custos de manutenção a longo prazo.

Os componentes de um sistema fotovoltaico geralmente são comercializados no formato de kits ou pacotes, que são conjuntos de componentes pré-selecionados e projetados para atender a diferentes necessidades de energia. No entanto, a composição de cada pacote pode variar de acordo com o fabricante e o modelo, o que pode levar a diferenças de qualidade, desempenho e preço. Portanto, é importante ter cuidado na aquisição de um pacote e verificar se ele atende às necessidades específicas do projeto, levando em consideração fatores como a demanda de energia, o tamanho da área disponível para a instalação dos painéis solares, as condições climáticas locais e as restrições orçamentárias.

Os módulos fotovoltaicos são a principal componente de um sistema fotovoltaico, sendo responsáveis por converter a energia solar em energia elétrica. Eles são compostos por células fotovoltaicas que geram energia através da absorção de luz solar. O controlador de carga regula a carga e descarga das baterias. As baterias são usadas para armazenar a energia gerada pelos

painéis solares para uso posterior, permitindo que a energia seja utilizada mesmo em períodos em que a geração solar é menor, considerando sistemas *off-grid*.

O inversor é responsável por converter a energia gerada pelos painéis solares de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), utilizável em residências e empresas. Os cabos e conectores são usados para conectar todos os componentes do sistema, garantindo que a energia seja distribuída de forma eficiente. A estrutura de suporte, por sua vez, é utilizada para fixar os painéis solares em um local apropriado para garantir a exposição solar ideal. Finalmente, os dispositivos de proteção, como disjuntores e fusíveis, são usados para proteger o sistema contra curtos-circuitos e sobrecarga.

Segundo Dantas e Pompermayer (2015), a vida útil de um sistema fotovoltaico pode alcançar os 25 anos, podendo variar dependendo de uma série de fatores, incluindo a qualidade dos componentes, as condições climáticas, a manutenção regular e a forma como o sistema é operado. A informação sobre a vida útil de um sistema fotovoltaico é importante para avaliar a viabilidade financeira de um projeto de Fazenda Solar.

## **2.4 Estrutura Legal da FFV**

Para que as FFVs, na modalidade geração compartilhada, tenham amparo legal é necessário que a comercialização de sua energia produzida se dê por um modelo de negócio de locação de usinas, também chamado de energia por assinatura, através do SCEE. Por determinação legal e regulatória não é possível vender energia precificando o kWh, como fazem as concessionárias de energia, por isso o termo utilizado é locação de usina, pois o proprietário da usina aluga os equipamentos (painéis de energia solar) para um cliente, ou um grupo de clientes. Para isso é necessário o envolvimento de 5 (cinco) principais agentes:

- Proprietário da terra;
- Investidor;
- Comercializadora/Integradora;
- Concessionária de energia;
- Consumidores finais;

Cada um dos agentes tem um papel específico, enquanto o proprietário simplesmente tem a posse da terra, o investidor realiza a compra e instalação dos equipamentos com o auxílio Com/Int que realiza as tratativas de homologação do sistema com a concessionária de energia

local para distribuir energia para os consumidores finais, que pagarão pelo aluguel do sistema fotovoltaico.

De acordo com Amaral et al. (2022), a homologação de sistemas fotovoltaicos é um procedimento padrão que consiste na fiscalização do sistema solar instalado na empresa ou no imóvel pela distribuidora de energia, a fim de verificar se o sistema atende às normas de segurança. Esse processo é essencial para garantir a segurança dos técnicos durante a instalação do sistema e dos consumidores que residirão ou trabalharão sob as placas solares. Além disso, através desse processo, toda a energia produzida que não for consumida pode ser revertida em créditos energéticos disponíveis pela concessionária, podendo ser utilizado em até 60 meses. Atualmente, o processo de homologação envolve solicitação de conexão, análise do projeto pela concessionária, instalação do sistema de energia solar, solicitação de vistoria técnica, realização da vistoria, concessão do relatório e homologação do sistema de energia solar.

É necessário também evitar que exista qualquer impedimento legal no processo, no caso de um negócio de locação de usina solar. De acordo com o Art. 10 da Lei 14300, é possível o aluguel ou arrendamento de terrenos, lotes e propriedades, desde que, o valor do aluguel ou arrendamento não se dê em real por unidade de energia. O Art. 10 da Lei 14300/2022 diz que,

“Art. 10. A concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica não pode incluir consumidores no SCEE quando for detectado, no documento que comprova a posse ou propriedade do imóvel onde se encontra instalada ou será instalada a microgeração ou minigeração distribuída, que o consumidor tenha alugado ou arrendado terrenos, lotes e propriedades em condições nas quais o valor do aluguel ou do arrendamento se dê em real por unidade de energia elétrica.”

Na prática as FFVs não precisam se enquadrar necessariamente na geração compartilhada, podem ser fazendas de energia de auto consumo, por isso uma das primeiras decisões que o investidor deve tomar, por meio de sua pessoa física ou jurídica, será de se sua FFV será construída diretamente na carga do consumidor ou de maneira remota, numa área significativamente distante do consumidor final, essas modalidades também são previstas legalmente pelo marco legal da mini e microgeração distribuída que define no Art. 1, incisos I e II que:

“I – autoconsumo local: modalidade de microgeração ou minigeração distribuída eletricamente junto à carga, participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), no qual o excedente de energia elétrica gerado por unidade consumidora de titularidade de um consumidor-gerador, pessoa física ou jurídica, é compensado ou creditado pela mesma unidade consumidora;  
II - autoconsumo remoto: modalidade caracterizada por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma pessoa jurídica, incluídas matriz e filial, ou pessoa física

que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, com atendimento de todas as unidades consumidoras pela mesma distribuidora;"

Desta forma, para ambas as modalidades, que o gerador de energia e o consumidor estejam conectados à rede de distribuição da mesma concessionária de energia, que será responsável pela gestão dos créditos de energia. Quando se trata de autoconsumo remoto, o sistema fotovoltaico produz energia em um local distante da carga e através da distribuição da concessionária de energia, a energia produzida chega as unidades consumidoras. No entanto, vale salientar que embora a primeira modalidade seja autoconsumo local e o sistema fotovoltaico seja instalado diretamente na carga do cliente, esta modalidade não exclui a participação da concessionária de energia, pois as unidades consumidoras estarão participando do sistema de compensação de energia, injetando o excedente de energia na rede e gerando créditos, trata-se ainda de um sistema *on-grid*. A modalidade geração compartilhada, permite distribuir energia para diversas unidades consumidoras de titularidades diferentes, através dos veículos de compensação previstos em lei.

Uma vez que o investidor decida gerar a sua energia de maneira remota, o próximo passo é determinar o local onde a Fazenda Solar será construída. Se o investidor for o proprietário deste local o negócio pode-se tornar mais lucrativo, pois assim não há a necessidade de aquisição de um novo terreno. Entretanto é comum que o investidor não seja o proprietário do local, dessa forma, ele pode fazer a aquisição do terreno por meio de compra ou de aluguel do mesmo. Além disso, se o investidor for o proprietário do terreno, pode se fazer um estudo comparativo com outras atividades econômicas, de forma a avaliar se a produção de energia solar é mesmo a melhor atividade econômica para aquele local.

Após definida a localização, o investidor deverá obter junto a distribuidora de energia local uma autorização para a conexão do seu sistema fotovoltaico à rede elétrica, a solicitação de acesso, para assim gerar créditos de energia. Para obter a autorização é necessário realizar orçamento de conexão e a solicitação do orçamento de conexão, que devem definir especificações do SSFV, tal como, o formato dos consumidores finais, o porte da usina e o tipo de geração, detalhes técnicos e características da localidade. Mesmo que contemplado pelo orçamento de conexão, a não observância das implicações legais desse modelo de negócio, pode resultar no desligamento da FFV da rede e a imposição de multa, especialmente se configurar venda de energia estipulando um preço por kWh.

Quanto aos consumidores finais, é necessário que estes se organizem através de um veículo de compensação que terá a titularidade dos créditos produzidos pela usina, frente a concessionária local de energia. Dessa forma, o investidor recebe um valor pela locação dos equipamentos da FFV, sem perder seu título de proprietário e transfere a titularidade da produção de energia para o veículo de compensação, que pode ser qualquer uma das organizações coletivas, cabendo a estes a responsabilidade de definir os moldes de compartilhamento desta energia e realizar o rateio dos custos com seus beneficiários. Lembrando que as quatro organizações coletivas previstas em lei conforme previstas no Art. 1º, inciso X da Lei 14300 são:

- Cooperativas;
- Consórcios;
- Associação civil;
- Condomínio;

As Cooperativas reúnem pelo menos vinte pessoas físicas, que devem se registrar na junta comercial local e na organização cooperativista do seu estado. Os cooperados se reúnem por meio de assembleias, deliberam e votam o que for de interesse dos cooperados. Tendo como base a lei cooperativista Lei n.º 5764/1971.

Por outro lado, os consórcios reúnem pessoas jurídicas, pelo menos duas pessoas jurídicas já podem firmar um consórcio segundo a lei dos consórcios (Lei n.º 11.795/2008.) que de maneira análoga a cooperativa, os consorciados se reúnem para discutir e definir o que é melhor para seu consórcio. Por sua vez, a associação, surgiu com a Lei 14300 e permite mesclar pessoas físicas e pessoas jurídicas com maior liberdade e flexibilidade. Os condomínios são uma modalidade nova e especial para condomínios, os beneficiários são os condôminos que residem ou trabalham no condomínio em questão e se reúnem legalmente para alugar a Fazenda ou usina solar com a finalidade de consumir os créditos de energia gerados por ela.

A cobrança do aluguel da FFV não necessariamente precisa ser uma parcela fixa, podendo ser constituída por uma parcela fixa e uma parcela variável em função do desempenho da FFV. A produção de energia varia em função da irradiação solar mensal, que é maior nos meses que compreendem o verão e menor nos meses que compreendem o inverno.

Definir como a energia produzida pela FFV será compartilhada não é uma tarefa trivial, por isso é necessário considerar um agente integrador, que será um dos intermediários entre o

produtor e as unidades consumidoras. O agente integrador pode assumir diversas responsabilidades, tais como: venda dos equipamentos, instalação, adequação da conexão das unidades consumidoras, analisar parâmetros legais do contrato de locação, entre outros. Ainda pode-se citar um agente comercializador que será responsável pelo sistema de cobrança do aluguel do sistema fotovoltaico e pela distribuição dos créditos de energia a serem compensados. Usualmente a comercializadora recebe um percentual do aluguel da fazenda/usina para realizar estes e outros serviços.

## 2.5 Análise financeira

A análise financeira é uma ferramenta fundamental para avaliar a viabilidade econômica de projetos de geração de energia solar, como as FFV. Nesta seção, será apresentado um conjunto de indicadores financeiros que podem ser utilizados para avaliar a rentabilidade e o risco envolvido.

### 2.5.1 Indicadores Financeiros

A análise financeira de um sistema fotovoltaico pode ser realizada através de indicadores financeiros que medem a rentabilidade, o risco e a eficiência do projeto. Segundo Samanez (2009) os principais indicadores utilizados são:

- *Payback*: é o tempo necessário para que o investimento inicial seja recuperado através dos fluxos de caixa gerados pelo empreendimento. É importante que o *Payback* seja baixo, indicando que o projeto é rentável e tem um bom potencial de geração de caixa.
- Taxa Interna de Retorno (TIR): é a taxa que iguala o valor presente líquido (VPL) dos fluxos de caixa futuros do empreendimento ao investimento inicial. Quanto maior a TIR, maior é o retorno financeiro do projeto.
- Valor Presente Líquido (VPL): é o valor presente dos fluxos de caixa futuros do empreendimento, subtraído do investimento inicial. Um VPL positivo indica que o projeto é viável financeiramente.
- Índice de Lucratividade (IL): é o índice financeiro que mostra quantas unidades monetárias retornam do investimento para cada unidade investida.

Esses indicadores financeiros podem ser calculados a partir do fluxo de caixa futuro do investimento em um tempo ( $t$ ),  $FC_t$ , da taxa de desconto ( $i$ ), que representa taxa de juros mínima que o investidor deve receber para assumir os riscos do investimento, e do tempo final do período de avaliação do investimento. Desta forma, o Valor Presente (VP) é dado por,

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Conhecendo-se o Valor Inicial do investimento (VI) e VP, calcula-se VPL da forma,

$$VPL = VP - VI \quad (2)$$

A TIR, pode ser calculada como,

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - VI = 0 \quad (3)$$

O IL, pode ser calculado através de VP e VI,

$$IL = \frac{\sum_{t=1}^n VP}{VI} \quad (4)$$

E o *payback* é determinado através da soma do último ano com valor presente acumulado (VPA) negativo, e da relação entre VP futuro e VPA do ano em questão, na forma,

$$payback = P(ano) + \frac{VPA_P}{VP_{P+1}} \quad (5)$$

em que, P é o último ano com valor presente acumulado negativo,  $VPA_P$  é o valor presente acumulado neste ano, e  $VP_{P+1}$  é o valor presente do ano seguinte.

### 2.5.2 Tarifa de energia

A análise custos tarifários é fundamental para realizar um estudo de viabilização financeira das FFVs com maior profundidade, pois a concessionária de energia local será uma intermediária entre o produtor e as unidades consumidoras locais, e por isso os encargos tributários referentes a distribuição de energia elétrica apresentarão um custo significativo que influirá diretamente na viabilidade do negócio. As principais tarifas cobradas na conta de energia são a Tarifa de Energia (TE) e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD).

A TUSD é uma tarifa cobrada pelas concessionárias de energia elétrica aos consumidores finais para a utilização da infraestrutura de distribuição de energia elétrica, que inclui as redes de distribuição, transformadores e outros equipamentos. A TUSD é calculada com base na quantidade de energia elétrica consumida pelo cliente e na tarifa definida pela distribuidora para o uso de sua rede de distribuição. A Figura 4 mostra os principais componentes que formam a TUSD.

**Figura 4** – Estrutura da TUSD

Fonte: Aneel (2022)

A TE, é a tarifa cobrada pelos fornecedores de energia elétrica pelo fornecimento de energia elétrica em si. É calculada em função da quantidade de energia elétrica consumida pelo cliente. A Figura 5 mostra as principais componentes que formam a TE.

Ambas as tarifas são definidas pela ANEEL) e variam de acordo com a região e a categoria de consumo do cliente.

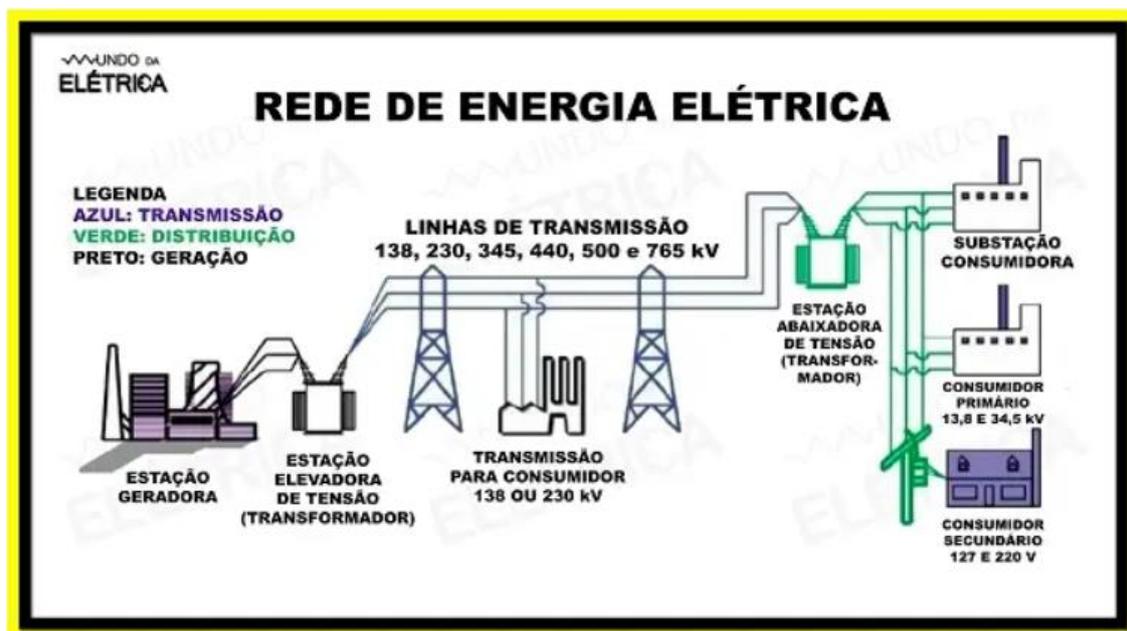
**Figura 5** - Estrutura da TE

Fonte: Aneel (2022)

A Figura 6 ilustra a trajetória da energia elétrica, desde a usina de geração de energia até os consumidores finais, e também os principais custos do fornecimento de energia. A usina de energia é responsável por produzir energia, que precisa ser transportada até os locais onde será consumida. Para que isso aconteça, a energia produzida na usina passa por um transformador de geração, também conhecido como subestação elevadora, que eleva a tensão para permitir que ela seja transportada pelas linhas de transmissão em alta tensão. É nesse transporte que incide a cobrança do fio A, que é uma tarifa imposta pela concessionária responsável pela transmissão da energia.

Já nas subestações abaixadoras, a energia passa por um transformador de subestação que reduz a sua tensão para que ela possa ser distribuída através da rede de distribuição para os clientes de média e baixa tensão, além dos clientes de subtransmissão. A distribuição de energia elétrica também está sujeita a cobranças, e nesse caso, a tarifa que incide é a do fio B.

**Figura 6** - Demonstração dos principais custos do fornecimento de energia



Fonte: Mundo da Elétrica

Os encargos de uma forma geral são úteis para financiar o desenvolvimento do setor elétrico brasileiro e as políticas energéticas do governo federal. Também deve ser levado em consideração a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP) e o adicional das bandeiras tarifárias que afeta o custo sazonal da geração e energia. Além disso o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) também é aplicável a energia elétrica, é um imposto estadual no qual a alíquota varia dependendo do estado. O CONFAZ

(Conselho Nacional de Política Fazendária) aprovou em 5 de abril de 2013 o Convênio ICMS que estabeleceu que o ICMS apurado teria como base de cálculo toda a energia que chega à unidade consumidora proveniente da distribuidora, desconsiderando qualquer espécie de compensação de energia produzida pelo micro gerador. Dessa forma, a alíquota aplicável do ICMS seria incidida sobre toda a energia consumida no mês, que prejudica significativamente o investimento em GD (RAUSCHMAYER, 2014). Entretanto, em 22 de abril de 2015 o CONFAZ publicou o Convênio ICMS 16 que autorizaria os estados a conceder isenção em operações internas no tocante à circulação de energia elétrica sujeitas a faturamento sob o sistema de compensação de energia (GOMES, 2017). Já quanto aos impostos federais PIS e COFINS, até 2015 não havia legislação que definisse e esclarecesse como deveriam ser feitas suas cobranças, apenas com a publicação da Lei 13.169/2015 foi estabelecido que a cobrança incidiria na diferença entre a energia consumida e injetada na rede elétrica por cada unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída. (GOMES, 2017).

O estudo deste presente trabalho será feito da perspectiva de um investidor que paga pela compra dos equipamentos, transporte e instalação de uma usina fotovoltaica, e que aluga para uma organização coletiva. Portanto a principal tarifa de energia que será levada em conta neste trabalho é a TUSD G.

“Art. 18. Fica assegurado o livre acesso ao sistema de distribuição para as unidades com microgeração ou minigeração distribuída, mediante o ressarcimento, pelas unidades consumidoras com minigeração distribuída, do custo de transporte envolvido.

Parágrafo único. No estabelecimento do custo de transporte, deve-se aplicar a tarifa correspondente à forma de uso do sistema de distribuição realizada pela unidade com microgeração ou minigeração distribuída, se para injetar ou consumir energia.”

O Art. 18 da Lei 14.300/2022 garante o acesso livre ao sistema de distribuição para unidades com microgeração ou minigeração distribuída, mediante o ressarcimento do custo de transporte envolvido. Esse custo deve ser estabelecido com base na tarifa correspondente à forma de uso do sistema de distribuição, levando em consideração se a unidade com microgeração ou minigeração distribuída está injetando ou consumindo energia. O parágrafo único desse artigo reforça a importância da aplicação justa e equilibrada dessa tarifa para garantir o acesso igualitário das unidades ao sistema de distribuição sem prejuízos financeiros para as distribuidoras ou para as próprias unidades consumidoras (BRASIL, 2022).

De acordo com a Lei 14.300/2022, em seu Art. 26, § 1º, II, b, o faturamento da demanda para as unidades consumidoras com minigeração distribuída pertencentes e faturadas no Grupo

A deve considerar a tarifa correspondente à forma de uso do sistema de distribuição realizada pela unidade com microgeração ou minigeração distribuída, se para injetar ou consumir energia, na forma do Art. 18 desta Lei, após a revisão tarifária da distribuidora subsequente à publicação desta Lei (BRASIL, § 1º, II, b, 2022).

À medida que avançam novas tecnologias na geração de energia elétrica associado a redução de seus custos, surge a possibilidade de propor novas relações comerciais que se apliquem a regulação vigente e proporcione vantagens para todas as partes, desde o produtor até o consumidor de energia. Na GD, bem como em outras fontes de recursos energéticos, as novas tecnologias possibilitam novas visões no âmbito de geração e consumo de energia, oferecendo soluções conforme a necessidade, desde soluções econômicas, em virtude dos custos mais reduzidos até ambientais, em virtude da preservação da vegetação e flora natural (diferente da energia hidrelétrica, por exemplo). Assim, ela abre espaço para novos modelos de negócios no mercado de energia (de Souza, 2020). As FFV se apresentam como uma alternativa inovadora que contribui para o impulsionamento do mercado de GD, a esfera tarifária e tributária que envolve este mercado, bem como o contexto energético da localidade onde o sistema de geração de energia será instalado.

## **2.6 Rio Grande do Sul**

O Rio Grande do Sul é uma das 27 unidades federativas do Brasil, situado ao extremo sul do país, tem por limites o estado de Santa Catarina ao norte, Argentina ao oeste, separado principalmente pelo Rio Uruguai, e Uruguai ao sul que possui diferentes delimitações tal como Rio Quaraí, Arroio Moirões, Santana do Livramento, Rio Yaguaron, entre outros. Possui a extensão territorial de 281730,2 km<sup>2</sup> divididos em 497 municípios e 11,3 milhões de habitantes (GOV.RS, 2017). As temperaturas variam sazonalmente apresentando verões quentes e invernos frios, contando com geadas e precipitação de neve. As temperaturas médias variam entre 15° e 18°C com mínimas de -10° e máximas de 40°C (GOV.RS. Atlas Socioeconômico, 2022).

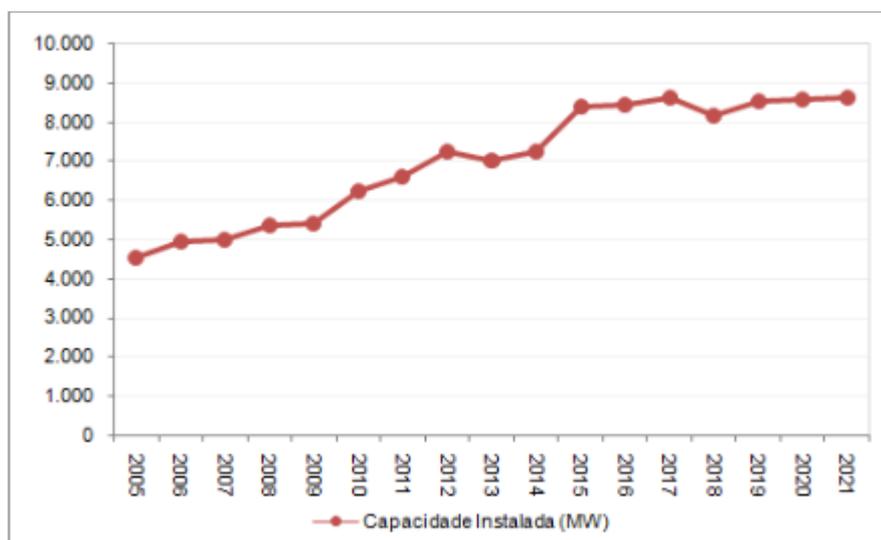
### **2.6.1 Recursos energéticos do Rio Grande do Sul**

A capacidade instalada de geração de energia elétrica no Rio Grande do Sul (RS) cresceu na última década, o que possibilitou o aumento dos níveis de consumo no estado e em todo o país, uma vez que o parque gerador do RS integra o Sistema Interligado Nacional. Conforme informações do Operador Nacional do Sistema Elétrico, esse sistema é composto por empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte do país. Já a

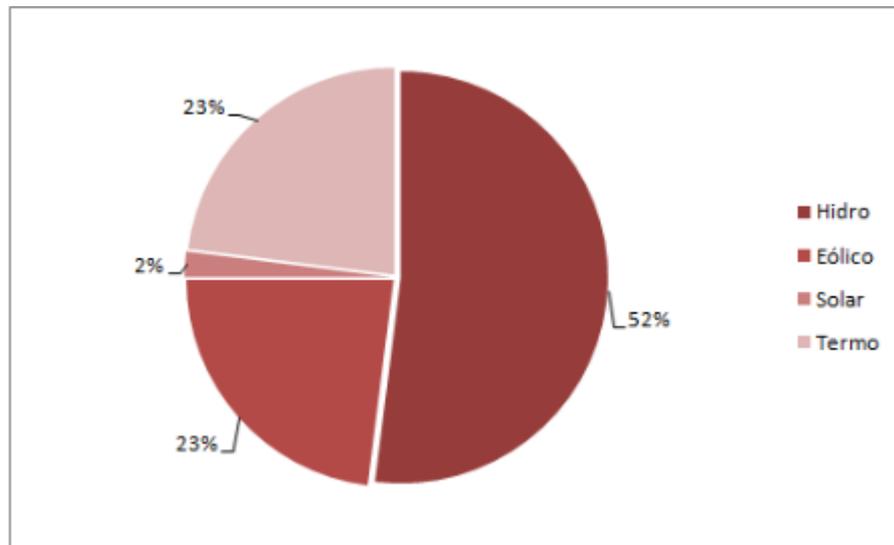
capacidade instalada do estado correspondeu a cerca de 4,75% da capacidade total instalada no Brasil em 2021, segundo a EPE, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. A Figura 7 mostra a evolução da capacidade instalada no Rio Grande do Sul de 2005 a 2021.

Conforme pode ser visto na Figura 8 no que tange à matriz de geração de energia elétrica, há uma diversificação crescente de fontes energéticas, com destaque para a hidreletricidade (52%), seguida pela termelétrica (23%), energia eólica (23%) e energia solar (2%). Esse processo de diversificação teve início com a utilização de gás natural e biomassa como fontes de energia e vem sendo impulsionado pela expansão da energia eólica e pelo aumento de projetos de aproveitamento de energia solar. Tais mudanças têm contribuído para melhorar a relação entre produção, importação e consumo de energia no estado, o que tem permitido a participação de consumidores livres e produtores independentes (GOV.RS.BR, 2022).

**Figura 7** - Evolução da capacidade energética instalada de 2005 a 2021



Fonte: EPE (2022)

**Figura 8-** Proporção dos recursos energéticos do Rio Grande do Sul

Fonte: EPE (2022)

De acordo com a ANEEL, a distribuição de energia elétrica é o segmento responsável por fornecer energia elétrica para usuários finais. No Brasil, as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas são responsáveis por prestar esse serviço. No Rio Grande do Sul, a CEEE-D (Grupo Equatorial Energia) e a RGE (CPFL Energia) são as duas principais concessionárias, fornecendo energia elétrica para 454 municípios, sendo 73 atendidos pela CEEE-D Equatorial e 381 pela RGE. Juntas, elas são responsáveis pela distribuição de cerca de 93% da energia vendida no estado (GOV.RS.BR, 2022).

#### 2.6.2 Dados Solarimétricos do Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul, segundo dados extraídos de 34 estações meteorológicas, a radiação solar apresenta uma média anual registrada de 4,682 kWh/m<sup>2</sup>, atingindo 6,432 kWh/m<sup>2</sup> no verão, 5,27 kWh/m<sup>2</sup> na primavera, 4,113 kWh/m<sup>2</sup> no outono e 2,901 kWh/m<sup>2</sup> no inverno (UERGS, 2018). Esses dados também variam dependendo da região, pois o estado possui diferentes características geográficas, por exemplo: possui uma faixa litorânea, regiões serranas, regiões de campanha, entre outras. Segundo dados do IBGE o estado é dividido em 7 mesorregiões (IBGE, 1990. p. 117-124). O quadro 1 apresenta dados de irradiação solar de algumas das principais cidades do Rio Grande do Sul junto de sua localização e população.

**Quadro 1** - Dados das estações meteorológicas

<b>Cidade</b>	<b>Mesorregião</b>	<b>População</b>	<b>Irradiação solar média</b>
Santa Maria	Centro ocidental rio-grandense	283.677	4,461 kWh/m <sup>2</sup>
Santiago	Centro ocidental rio-grandense	49.360	4,965 kWh/m <sup>2</sup>
Rio Pardo	Centro oriental rio-grandense	37.591	4,489 kWh/m <sup>2</sup>
Porto Alegre	Porto Alegre e região metropolitana	1.409.351	4,228 kWh/m <sup>2</sup>
Bento Gonçalves	Nordeste rio-grandense	121.803	4,544 kWh/m <sup>2</sup>
Passo Fundo	Noroeste rio-grandense	206.103	4,678 kWh/m <sup>2</sup>
Erechim	Noroeste rio-grandense	107 368	4,780 kWh/m <sup>2</sup>
São Luiz Gonzaga	Noroeste rio-grandense	33.293	5,039 kWh/m <sup>2</sup>
Rio Grande	Sudeste rio-grandense	212 881	4,373 kWh/m <sup>2</sup>
Camaquã	Sudeste rio-grandense	60.368	4,214 kWh/m <sup>2</sup>
Santana do Livramento	Sudoeste rio-grandense	76.321	4,633 kWh/m <sup>2</sup>
Dom Pedrito	Sudoeste rio-grandense	38.222	5,042 kWh/m <sup>2</sup>

**Fonte:** Adaptado de Atlas Solar do Rio Grande do Sul, 2018.

Porto Alegre foi escolhida para análise de viabilidade financeira de uma FFV devido à sua alta demanda por energia elétrica e sua localização no estado do Rio Grande do Sul, que tem uma das irradiações solares mais baixas do Brasil. A instalação de uma usina solar em Porto Alegre é considerada um desafio técnico e financeiro, tornando-a um local ideal para o estudo de viabilidade financeira. Além disso, a seleção de Porto Alegre pode ser usada para demonstrar que outras cidades do estado provavelmente também apresentam condições viáveis para a instalação de usinas solares. No entanto, é importante destacar que cada cidade tem suas próprias particularidades e exigirá um estudo específico para avaliar a viabilidade financeira.

## **2.7. Estado da Arte**

Com base nos trabalhos de Tiago Schroer e Lucas Schuina, este trabalho apresenta um estudo sobre a viabilidade financeira das Fazendas Fotovoltaicas (FFVs) no estado do Rio Grande do Sul.

O estudo de Schroer, que trata do impacto financeiro da Lei 14.300 sobre os prosumidores rurais considerando uma distribuidora na região Sul, foi fundamental para a compreensão do cenário regulatório e dos aspectos financeiros relacionados à geração distribuída no estado. Além disso, o estudo de Schuina, que avalia a viabilidade técnica e

econômica de uma usina solar voltada para a locação de equipamentos como modelo de negócio de uma fazenda solar, inspirou a formulação do modelo de negócio apresentado neste trabalho.

O modelo proposto neste trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade financeira das FFVs no estado do Rio Grande do Sul, considerando as particularidades do mercado local e os incentivos governamentais disponíveis. Para isso, foram realizadas análises de custos, receitas e fluxo de caixa para diferentes cenários, com o intuito de avaliar a rentabilidade do investimento em uma FFV.

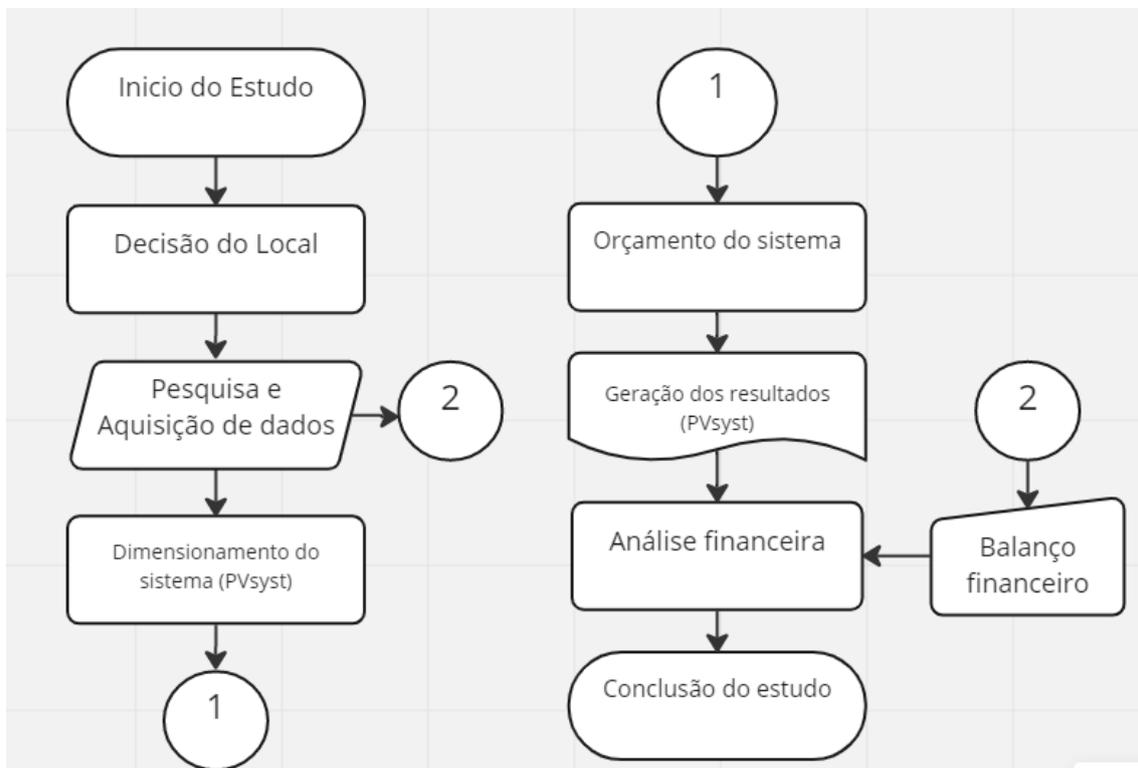
Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que as FFVs apresentam um alto potencial de rentabilidade financeira no estado do Rio Grande do Sul, especialmente considerando as atuais políticas públicas de incentivo à geração distribuída. Além disso, o modelo de negócio proposto neste trabalho pode servir de inspiração para outros empreendedores interessados em investir em FFVs no estado.

Em resumo, este trabalho foi fortemente influenciado pelos estudos de Schroer e Schuina, que contribuíram para a compreensão do cenário regulatório e dos aspectos financeiros relacionados à geração distribuída e para a formulação do modelo de negócio proposto neste trabalho. Os resultados obtidos demonstram o potencial das FFVs como uma alternativa viável e rentável para a produção de energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul.

### 3. Metodologia

Neste capítulo serão apresentadas as etapas consideradas para o projeto de uma FFV em um terreno na Avenida do Lami em Porto Alegre. Os critérios utilizados para a seleção da região e as técnicas que foram empregadas para a coleta e análise dos dados para a elaboração do estudo também são apresentadas. O objetivo deste capítulo é detalhar todos os processos envolvidos para a implementação e apresentar as etapas que foram seguidas para a realização do estudo. Serão apresentados os métodos utilizados para a coleta de dados e as técnicas de análise que foram aplicadas para a elaboração do estudo.

**Figura 9** - Fluxograma das principais etapas de um estudo de viabilidade de uma FFV



**Fonte:** O autor

A Figura 9 mostra um fluxograma linear de 8 etapas pode ser uma ferramenta útil para representar o processo de elaboração do projeto sobre a viabilidade de uma FFV. Aqui estão os detalhes de cada etapa:

- **Processo de decisão do local:** nesta etapa, é realizada a escolha do local onde será feita a simulação da construção da FFV. Essa decisão é importante para a realização do estudo de viabilidade, pois o clima e as condições ambientais do local têm um impacto significativo na produção de energia solar.

- **Pesquisa e Aquisição de dados:** nesta etapa é da obtenção de dados relevantes para o estudo. Isso inclui dados climáticos do local escolhido, informações sobre os equipamentos necessários para a construção da usina ou FFV e são enumeradas qualitativamente as principais receitas e despesas para implementação.
- **Dimensionamento do sistema (PVsyst):** nesta etapa, será realizado o dimensionamento da FFV, levando em consideração os dados obtidos na etapa anterior e outros fatores relevantes, como o tamanho da área disponível para a construção e as necessidades de consumo de energia. O dimensionamento será realizado no PVsyst.
- **Orçamento do sistema:** Com o dimensionamento do sistema completo, é possível determinar os custos de todos os agentes envolvidos na construção da FFV, incluindo equipamentos, mão de obra, serviços e materiais. Para esta etapa será considerado dois casos para estudo, e cada um deles será analisado em três cenários: otimista, realista e pessimista. Cada um dos cenários terá diferentes.
- **Geração dos resultados (PVsyst):** a partir do orçamento dos componentes e da estimativa do valor total de instalação da FFV é gerado um documento a partir do PVsyst com os principais dados técnicos do estudo, envolvendo não apenas os custos de compra e instalação dos equipamentos, mas também os dados de geração de energia elétrica do SFFV dimensionado na região escolhida, este dado é fundamental para precificar o aluguel a ser cobrado pelo sistema fotovoltaico.
- **Balanço financeiro:** Esta etapa ocorre em paralelo a todas as etapas de dimensionamento realizadas pelo PVsyst. Nesta etapa é considerada todas as receitas e despesas de natureza burocrática da FFV, tais como, custo de homologação do SFFV, as tarifas de produção de energia, a forma com que vai ser cobrado o aluguel do SFFV, entre outros.
- **Análise financeira:** Para esta etapa será considerado dois casos para estudo, e cada um deles será analisado em três cenários: otimista, realista e pessimista. Cada um dos cenários terá diferentes entradas e provavelmente apresentarão resultados diferentes. Utilizando o *software* Excel, serão realizados os cálculos necessários para determinar os indicadores financeiros do projeto, como o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR), *payback* e a taxa de lucratividade.

- **Conclusão:** A conclusão final do estudo deve fornecer uma avaliação geral dos resultados, indicando se a FFV é ou não viável financeiramente.

### 3.1 Localidade do Estudo

A Avenida do Lami, em Porto Alegre, é uma escolha viável para a implementação de SSFV, tendo em vista diversos fatores importantes. Em primeiro lugar, a baixa densidade populacional dos bairros que a avenida atravessa, como Belém Novo e Lami, torna a região ideal para a instalação de SSFV. Isso porque a presença de poucos habitantes reduz a necessidade de desapropriação de terrenos ou impactos na rotina de moradores durante o processo de instalação da SSFV. Além disso, a esta avenida é relativamente próxima a bairros com maior densidade populacional, o que significa que há uma demanda crescente por energia elétrica na região.

Outro fator que justifica a escolha da Avenida do Lami é o preço em reais do metro quadrado, que é considerado mais baixo em relação a outras localidades de Porto Alegre. Isso pode significar uma economia significativa nos custos de implementação da SSFV, tornando-a mais viável financeiramente. Além disso, é um local que ainda preserva parte de sua paisagem natural, que não sofreu o mesmo processo de urbanização que outras regiões de Porto Alegre. Isso significa que a instalação da usina solar pode ser realizada de forma mais sustentável e com menor impacto ambiental, além de contribuir para a preservação da paisagem natural da região.

#### 3.1.1 Aquisição de dados

Neste estudo, considerou-se o preço do metro quadrado de todos os setores e quarteirões da Avenida do Lami, obtidos por meio de dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre. A média aritmética dos 23 valores em reais por metro quadrado resultou em um valor médio de R\$ 168,41, fundamental para a avaliação da viabilidade financeira do projeto. Entretanto, é crucial salientar que a variação dos preços dependendo da quadra selecionada, torna necessária uma análise minuciosa das particularidades da área, visando garantir a rentabilidade do investimento. A tabela 1 apresenta dados relativos aos diferentes trechos da Avenida do Lami, demonstrando que o valor do metro quadrado varia de acordo com o setor e o quarteirão, conforme as terminologias adotadas no documento.

**Tabela 1** - Valor do metro quadrado de cada trecho da Avenida do Lami, em Porto Alegre

Setor	Quarteirão	Código do Logradouro	Nome do Logradouro	Valor do metro quadrado (R\$)
27	1	8257156	AV DO LAMI	41,18
32	8	8257156	AV DO LAMI	249,81
32	11	8257156	AV DO LAMI	188,89
32	13	8257156	AV DO LAMI	249,63
32	18	8257156	AV DO LAMI	249,63
32	20	8257156	AV DO LAMI	280,97
32	40	8257156	AV DO LAMI	250,15
32	44	8257156	AV DO LAMI	188,89
32	58	8257156	AV DO LAMI	167,22
32	83	8257156	AV DO LAMI	188,89
32	84	8257156	AV DO LAMI	188,89
32	85	8257156	AV DO LAMI	188,89
45	1	8257156	AV DO LAMI	34,33
45	3	8257156	AV DO LAMI	35,83
45	4	8257156	AV DO LAMI	39,47
45	5	8257156	AV DO LAMI	188,89
46	1	8257156	AV DO LAMI	37,04
46	2	8257156	AV DO LAMI	167,28
46	3	8257156	AV DO LAMI	186,90
46	4	8257156	AV DO LAMI	187,26
46	5	8257156	AV DO LAMI	188,11
46	6	8257156	AV DO LAMI	187,82
46	7	8257156	AV DO LAMI	187,61

**Fonte:** Prefeitura de Porto Alegre, adaptado pelo autor

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados de irradiação solar e informações climáticas relevantes para a região de Porto Alegre. Tais dados foram obtidos por meio do *software* PVsyst, uma ferramenta que permite a análise e simulação de sistemas fotovoltaicos, permitindo o cálculo da produção de energia solar com base em informações específicas de cada localidade. Além disso, foram obtidos dados climáticos relevantes, como temperatura e umidade, que podem afetar diretamente a eficiência e a produção de energia dos painéis solares. A Figura 10 apresenta os dados médios de irradiação solar diária para cada mês do ano, demonstrando a variação dos níveis de irradiação solar ao longo do ano e a importância de se considerar os dados climáticos ao se planejar projetos de energia solar.

**Figura 10** - Dados de irradiação solar na Avenida do Lami em Porto Alegre

	<b>Horizonte total</b> kWh/m <sup>2</sup> /dia	<b>Plano mód.</b> kWh/m <sup>2</sup> /dia
<b>Jan.</b>	6.48	6.26
<b>Fev.</b>	5.86	6.00
<b>Mar.</b>	4.97	5.48
<b>Abr.</b>	4.27	5.20
<b>Mai.</b>	3.41	4.58
<b>Jun.</b>	2.70	3.68
<b>Jul.</b>	2.95	4.01
<b>Ago.</b>	3.51	4.35
<b>Set.</b>	3.93	4.43
<b>Out.</b>	5.09	5.36
<b>Nov.</b>	6.10	6.00
<b>Dez.</b>	7.15	6.78
<b>Ano</b>	4.70	5.18

Fonte: O autor, elaborado de PVsyst

### 3.2 Dimensionamento da FFV

Nesta seção, será abordado o método de dimensionamento hipotético de uma FFV de 500 kWp fixada no solo. Para isso, será utilizado o *software* PVsyst, que permite simular e medir o desempenho de sistemas fotovoltaicos. Este *software* fornece dados precisos para o dimensionamento adequado do sistema, desde a escolha do componente, passando por cálculos de ângulos, áreas de captação, potências e câmaras de arrefecimento. Os dados de pré-dimensionamento e localização do sistema fotovoltaico pode ser visto na Figura 11.

**Figura 11** – Dados locais da FFV para o dimensionamento

<b>Pré-dimensionamento do sistema em rede</b>		
<b>Localização geográfica</b>	<b>Localização</b>	
Avenida do Lami - Porto Alegre	Latitude	-30.21 °S
Brasil	Longitude	-51.16 °W
	Altitude	21 m
	Fuso horário	UTC-3

Fonte: O autor, elaborado de PVsyst

A Figura 12 apresenta um resumo do sistema, apontando a potência nominal que foi estipulado em 500 kWp, o tipo de módulo, a tecnologia das células fotovoltaicas que no caso serão monocristalinas, o rendimento anual, a superfície total de instalação que foi de 3125 m<sup>2</sup> estipulado pelo *software* a partir dos dados de entrada, os suportes dos módulos, que no caso foi no solo, o tipo de ventilação e o investimento necessário ao sistema.

**Figura 12** – Resumo do sistema

Resumo do sistema			
Potência nominal	500 kWp	Superfície total	3125 m <sup>2</sup>
Tipo de módulo	Standard	Suportes dos módulos	No solo
Tecnologia	Células monocristalinas	Propriedades da ventilação	Integrado parcialmente
Rendimento anual	802 MWh	Investimento	*96818 BRL
Prod. específica	1604 kWh/kWp	Custo da energia	0.14 BRL/kWh

**Fonte:** O autor, elaborado de PVsyst

O *software* forneceu também dados da irradiação solar média diária para o plano horizontal e inclinado, a saída do sistema a energia produzida diária, energia produzida mensal total. Estes dados podem ser conferidos na Figura 13.

**Figura 13** – Produção energética diária, mensal e anual da FFV

	Horizonte total kWh/m <sup>2</sup> /dia	Plano mód. kWh/m <sup>2</sup> /dia	Saída sistema kWh/dia	Saída sistema kWh
Jan.	6.48	6.26	2658	82405
Fev.	5.86	6.00	2546	71298
Mar.	4.97	5.48	2325	72084
Abr.	4.27	5.20	2210	66300
Mai.	3.41	4.58	1946	60336
Jun.	2.70	3.68	1562	46851
Jul.	2.95	4.01	1703	52808
Ago.	3.51	4.35	1848	57302
Set.	3.93	4.43	1882	56470
Out.	5.09	5.36	2276	70543
Nov.	6.10	6.00	2548	76427
Dez.	7.15	6.78	2879	89261
Ano	4.70	5.18	2197	802086

**Fonte:** O autor, elaborado de PVsyst

Os valores obtidos através do PVsyst, e apresentados nas Figuras 12 e 13, que serão utilizados para a análise financeira são a produção anual total de 802086 kWh, o valor da superfície total da instalação fotovoltaica de 3125m<sup>2</sup>. Os valores de irradiação solar foram utilizados pelo *software* como base do cálculo para a produção de energia diária, mensal e anual. Será considerada também a média aritmética da produção anual total que é de 66840,5 kWh, foi calculado pelo autor. O orçamento do sistema fotovoltaico, incluindo componentes, equipamentos, transporte, montagem, suportes e fixadores é fornecido pelo *software* PVsyst, e foi estimado no valor de R\$ 1.796.818,00. O orçamento fornecido pelo *software* PVsyst é considerado no investimento inicial necessários para implementação do sistema. A tabela 2 mostra os principais custos do sistema obtidos a partir dos dados do PVsyst.

**Tabela 2** - Orçamento dos equipamentos e serviços de uma FFV de 500kWp

<b>Custos dos equipamentos e serviços</b>	<b>Valor (R\$)</b>
<b>Módulos</b>	714.038,67
<b>Suportes e Fixadores</b>	238.012,90
<b>Inversores e Cabos</b>	528.917,53
<b>Transporte e Montagem</b>	315.848,90
<b>Investimento Total</b>	1.796.818,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do PVSyst

A Figura 14 mostra dados uma relação entre os dados de entrada no *software* PVSyst, e os dados de saída devolvidos pelo mesmo. Os dados de entrada foram definidos pelo autor atendendo normas da geração distribuída, inserindo coordenadas geográficas do local escolhido e utilizando para a simulação componentes comuns no mercado de energia fotovoltaica. Com base nas entradas o PVSyst retornou a produção de energia anual, a área total, o valor do investimento e o custo de produção de energia. Todos estes dados foram fundamentais para o andamento do estudo de viabilidade econômica da FFV.

**Figura 14** – Relação entradas/saídas de dados no PVSyst

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Miro

### 3.4 Divisão dos custos

Uma das principais preocupações no desenvolvimento de uma FFV é a viabilidade financeira, ou seja, a capacidade de gerar receitas suficientes para cobrir os custos e obter lucro. Nesse contexto, é importante entender os conceitos de CAPEX E OPEX, que tratam a natureza das receitas e despesas associadas à produção de energia solar na escala da mini e microgeração distribuída.

CAPEX e OPEX são termos financeiros importantes em projetos de energia solar e são relevantes neste trabalho devido à sua influência no custo total do projeto. CAPEX, ou despesa

de capital, refere-se ao investimento inicial necessário para adquirir e instalar os equipamentos necessários para a produção de energia solar, como painéis solares, inversores, cabos, etc. Já o OPEX, ou despesa operacional, se refere aos custos contínuos de operação e manutenção da usina solar ao longo de sua vida útil.

No caso deste estudo de viabilidade financeira da FFV, a análise de CAPEX e OPEX é importante para determinar a rentabilidade do projeto a longo prazo. O CAPEX influenciará o custo total do projeto e afetará diretamente o prazo de retorno do investimento. Enquanto isso, o OPEX deve ser analisado para garantir que o projeto seja viável ao longo do tempo, com os custos de operação e manutenção sendo cobertos pela receita gerada pela venda de energia.

A viabilidade financeira de uma Fazenda Solar por aluguel, ou FFV, é essencialmente determinada pela análise das receitas e despesas do empreendimento. As receitas da FFV são geradas pelo aluguel do sistema fotovoltaico para os clientes finais, que se organizam por meio de contratos de longo prazo utilizando veículos de compensação. Já as despesas incluem o custo de compra e instalação (CAPEX), manutenção do sistema fotovoltaico e gastos operacionais (OPEX) como, por exemplo, gastos com pessoal, seguros e impostos.

Por esse motivo, é crucial realizar uma análise cuidadosa das receitas e despesas da FFV para avaliar sua viabilidade financeira e garantir sua sustentabilidade a longo prazo. Para isso, é importante considerar todos os custos e receitas relevantes para o empreendimento, como mostrado nos quadros 2 e 3, a fim de fornecer uma análise financeira completa e precisa do projeto.

**Quadro 2** - Recorrência das receitas da FFV

<b>Receitas</b>	<b>Recorrência</b>
Aluguel do sistema	Mensal
Caução referente ao aluguel	Inicial

**Fonte:** O autor

Como o aluguel é a principal fonte de renda do FFV, assim como em muitas transações de aluguel, pode-se solicitar uma caução como garantia, que será adicionado a receita inicial do negócio. Quanto as despesas, a quantidade é significativamente maior do que as receitas, e assim como as receitas haverá despesas de recorrência mensal e inicial. Nesse empreendimento há despesas que não são necessariamente mensais, podem ser anuais, trimestrais ou eventuais. Entretanto será considerado uma média mensal de cada uma, de forma

a deixar o estudo mais claro e intuitivo. O Quadro 3 mostra uma relação das despesas com suas respectivas recorrências:

**Quadro 3** - Recorrência das principais despesas da FFV

Despesas	Recorrência
Homologação e projeto	Inicial
Tarifas energéticas de produção	Mensal
Compra do terreno	Inicial
Aluguel do terreno	Mensal
Custos operacionais	Mensal
Custos de manutenção	Mensal
Compra e instalação do sistema	Inicial
Impostos	Mensal

**Fonte:** O autor

Uma característica fundamental do mercado de energia solar é a recorrência, a propriedade de gerar uma renda significativa todos os meses, da mesma forma funcionam as despesas. Além do valor da construção da FFV, é necessário considerar outros custos importantes para a implementação do projeto. Entre eles, está o valor de compra ou aluguel do terreno onde a FFV será instalada, bem como o custo da homologação perante a concessionária de energia. Após a definição das despesas e receitas, será possível utilizar os indicadores financeiros adequados para estimar a viabilidade financeira do projeto.

Neste modelo, é importante considerar o custo da TUSD G, que é uma tarifa de geração de energia que será o produto do valor da tarifa e da energia produzida naquele mês, por se tratar de uma tarifa variável sujeita a benefícios tarifários para fonte renováveis, concedidos pela concessionária. Neste projeto, foi adotado o valor de R\$ 3,50/kWh, valor próximo ao adotados pelas concessionárias (ANEELc 2023). O faturamento da TUSDg pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{Faturamento (R\$)} = (\text{Injeção} - \text{Consumo})(\text{kWh}) * \text{TUSDg}\left(\frac{\text{R\$}}{\text{kWh}}\right)$$

A forma de cobrança da TUSD G está sujeita a próxima revisão tarifária, prevista para 2023. Este presente trabalho considerará que a energia produzida pela FFV estará

comprometida com os consumidores, no formato de demanda contratada e seu consumo próprio será desconsiderado. Dessa forma, será possível prever futuros impactos financeiros desta tarifa para futuros investidores

Além disso, é preciso considerar os custos operacionais, que envolvem uma empresa responsável pelo sistema de cobrança da locação do sistema fotovoltaico e da gestão dos créditos de energia, bem como os custos de manutenção do sistema, que incluem visitas técnicas, a limpeza dos painéis solares, a manutenção e troca do inversor e outros equipamentos, e seguro para o sistema de produção de energia. Ao considerar todos esses custos e receitas, será possível determinar os fluxos de caixa do. A tabela 3 mostra como serão cobrados os custos mensais de manutenção e custos operacionais.

**Tabela 3** - Forma de cobrança dos custos mensais da FFV

<b>Custos mensais</b>	<b>Parcela e valor base</b>
<b>Manutenção</b>	5% do valor da planta
<b>Operacionais</b>	5% do valor do aluguel

Fonte: O autor

Dessa forma o valor dos custos de manutenção será R\$ 7.486,74 e os custos operacionais dependerão do mês em questão. Será considerado que para fins de simplificação que um único consórcio, cooperativa ou associação alugará a totalidade da FFV, sem que haja necessidade de fracionar para diferentes veículos de compensação.

No modelo de locação de usinas solares que será utilizado para o estudo de viabilidade financeira, o aluguel será constituído por uma parcela fixa e uma variável. De acordo com a Lei nº 14.300/2022, é proibido precificar o kWh e utilizar isso como base para o cálculo do aluguel. No entanto, determinar uma parcela fixa e uma variável baseada no índice de desempenho da FFV é uma maneira adequada e sem impedimentos legais deste procedimento. Ao fazer simulações no PVsyst, normalmente é estipulado pelo simulador um indicador de desempenho, no entanto o índice de desempenho utilizado neste trabalho será estipulado pelo autor.

O índice de desempenho levará em conta a produção de energia elétrica da usina solar, mas não precifica 1 kWh em nenhum ponto do contrato de aluguel. Dessa forma, a determinação das parcelas fixa e variável será feita com base nesse índice de desempenho. Para avaliar a viabilidade financeira do modelo de locação de usinas solares, serão considerados três cenários: otimista, realista e pessimista. Em cada um desses cenários, serão estabelecidas

parcelas fixas distintas, que valerão R\$50.000, R\$40.000 e R\$30.000, respectivamente. O valor de R\$50.000 foi estipulado por ser um valor aproximadamente 75% da média da produção mensal de 66.840,5 kWh. Uma vez que a fatura de consumo de energia elétrica costuma ser aproximadamente 1:1 R\$/kWh a proporção de 0,75:1 pode ser considerada uma escolha justa, atrativa ao cliente e que ainda proporcione bons retornos financeiros ao indivíduo que estiver investindo na FFV. Entretanto, vale lembrar que essa será uma parcela fixa e também será considerada uma parcela variável, que deixará o valor da energia que será paga pelo consumidor próximo ao valor pago pelo consumidor convencional, por isso a parcela fixa será considerada para um cenário otimista.

A parcela variável será determinada a partir do mês com maior produção de energia, que é janeiro, e da produção média mensal. A produção de janeiro será o limite superior da parcela variável, enquanto a média mensal será o limite inferior. Caso a produção de energia seja menor que a média mensal, a parcela variável será zero, e restará apenas a parcela fixa.

Dessa forma, com esses cenários estabelecidos, será possível avaliar a viabilidade financeira do modelo de locação de usinas solares, considerando tanto as receitas quanto as despesas envolvidas no projeto.

**Otimista** – Aluguel alto, R\$ 50000,00 + Parcela variável

**Realista** – Aluguel médio R\$ 40000,00 + Parcela variável

**Pessimista** – Aluguel baixo R\$ 30000,00 + Parcela variável

Para estipular a parcela variável terá que ser definido um índice de desempenho da FFV, para isso, o primeiro passo é estabelecer a diferença entre a produção de energia no mês com maior produção e a média mensal da produção de energia.

$$89261\text{kWh} - 66840,5 \text{ kWh} = 22420 \text{ kWh}$$

O próximo passo é estipular um valor a ser cobrado por essa parcela de energia. Para este valor será num primeiro momento considerado a razão entre a parcela fixa e a média mensal de produção de energia.

$$\frac{50000 \text{ kWh}}{66840,5 \text{ kWh}} = 0,748$$

Conforme dito antes, a parcela fixa é um valor de aproximadamente 0,75:1 em relação a produção de energia, isto foi corroborado pelo cálculo acima. Aplicando a mesma relação ao

valor de 22420 kWh chega-se a um valor de R\$ 16770,16, que será arredondado para R\$ 16800,00, sendo este o valor máximo a ser cobrado pela parcela variável.

Para determinar a parcela variável em um mês específico será considerada a seguinte relação:

$$\text{parcela variável} = \text{índice de performance} * 16800 \text{ R\$}$$

Então para determinar o valor do aluguel total em um mês específico serão aplicadas duas condicionais, da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{se produção} < 66840,5 \quad \text{então: } ip = 0 \\ \text{se produção} \geq 66840,5 \quad \text{então } ip = \frac{\text{produção} - 66840,5}{22420} \end{array} \right.$$

Portanto, para o caso otimista, a cobrança do aluguel do sistema fotovoltaico para os dados apresentados na tabela 4 serão.

**Tabela 4-** Exemplo da cobrança de aluguel de uma FFV

Mês	Produção Mensal (kWh)	Valor do Aluguel
Janeiro	82405	R\$ 61.662,21
Fevereiro	71298	R\$ 53.339,39
Março	72084	R\$ 53.928,37
Abril	66300	R\$ 50.000,00
Mai	60336	R\$ 50.000,00
Junho	46851	R\$ 50.000,00
Julho	52808	R\$ 50.000,00
Agosto	57302	R\$ 50.000,00
Setembro	56470	R\$ 50.000,00
Outubro	70543	R\$ 52.773,65
Novembro	76427	R\$ 57.182,71
Dezembro	89261	R\$ 66.799,63
<b>Total</b>	<b>802085</b>	<b>R\$ 645.685,96</b>
<b>Média</b>	<b>66840,41667</b>	<b>R\$ 53.807,16</b>

Fonte: O autor

É importante considerar os tributos envolvidos no processo. Serão considerados quatro tributos, dois sobre a receita bruta, no caso do PIS e o COFINS e sobre a receita (ou lucro) líquido IRPJ e CSLL. Vale lembrar que a FFV permite o investimento de pessoas físicas, entretanto para apresentar os resultados deste estudo serão considerados tributos sob pessoa jurídica. Os valores aplicáveis para cada um dos tributos citados estão apresentados na tabela 5.

**Tabela 5-** Tributos aplicáveis ao aluguel do sistema fotovoltaico

<b>Tributo</b>	<b>Alíquota</b>	<b>Referência</b>
<b>COFINS</b>	3%	Receita Bruta
<b>PIS</b>	0,65%	Receita Bruta
<b>IRPJ</b>	8%	Receita Líquida
<b>CSLL</b>	2,88%	Receita Líquida

**Fonte:** Adaptado de Schuina (2021)

Para este estudo ISS e ICMS não serão considerados. A usina fotovoltaica será enquadrada no regime tributário lucro presumido. Nesse regime, a base de cálculo para impostos é estimada pelo governo, com base no setor de atuação da empresa, e a alíquota é definida a partir da receita bruta. Dessa forma, a usina terá uma carga tributária menor do que no regime de lucro real, que exige uma apuração mais detalhada dos impostos. Essa escolha pelo lucro presumido foi feita após uma análise das opções de regimes tributários e dos possíveis impactos financeiros para a usina (Schuina, 2021).

Este estudo tem como foco a análise da viabilidade financeira de uma FFV por aluguel, na perspectiva de um investidor. Por isso, é importante considerar os impostos e tarifas relacionados ao produtor de energia, bem como os impostos relacionados a um contrato de aluguel de bens móveis. Isso se deve ao fato de que o modelo de FFV é baseado em contratos de longo prazo com clientes finais que alugam o sistema fotovoltaico, o que implica em diferentes obrigações tributárias e fiscais para o investidor.

Nesse sentido, é necessário inserir impostos e tarifas cabíveis ao investidor para determinar a viabilidade financeira da FFV. Além dos custos de construção e implementação da usina solar.

### **3.5 Estudos de caso**

#### **3.5.1 Estudo de caso 1 - Compra do terreno**

No Estudo de Caso 1, será avaliado o investimento necessário para a compra do terreno, bem como os custos de instalação e manutenção da FFV. Além disso, serão analisadas as projeções de receita e fluxo de caixa ao longo do período de operação da usina, a fim de determinar a viabilidade financeira do projeto. O proprietário do terreno desempenha um papel fundamental nesse estudo de caso, uma vez que a negociação da compra da terra pode afetar

significativamente os custos iniciais do projeto. Assim, serão avaliados os diferentes cenários de negociação com o proprietário, bem como suas implicações financeiras.

Utilizando os dados apresentados na tabela 1 obtidos junto a prefeitura de Porto Alegre, o valor médio do metro quadrado em propriedades situadas na Avenida do Lami é de R\$ R\$ 168,41. Multiplicando este valor pelos 3125m<sup>2</sup> necessários para a instalação da FFV

$$3125m^2 * 168,41 \frac{R\$}{m^2} = 526281,25 R\$$$

Este será considerado o valor de compra do terreno necessário a instalação da FFV, será incluído no valor de investimento inicial junto com o valor da compra a instalação dos equipamentos fotovoltaicos e da homologação do sistema junto a concessionária de energia responsável pela área de concessão dos consumidores e da FFV.

### 3.5.2 Estudo de Caso 2 -Aluguel do terreno

O Estudo de Caso 2 envolve o aluguel do terreno onde a FFV será instalada com o proprietário. Neste cenário, a empresa responsável pelo empreendimento irá realizar um contrato de arrendamento com o proprietário do terreno para utilizar a área por um determinado período de tempo. Este modelo apresenta vantagens para ambas as partes envolvidas. Para o proprietário do terreno, o aluguel proporciona uma fonte de renda adicional, sem que haja a necessidade de realizar investimentos no empreendimento. Além disso, caso a FFV não apresente bons resultados, o proprietário pode optar por encerrar o contrato de arrendamento ao final do período acordado.

Para a empresa responsável pelo projeto da FFV, o aluguel do terreno pode ser uma opção mais atrativa do que a compra da área. Isso porque a aquisição de terras pode demandar um alto investimento inicial, além de uma série de procedimentos burocráticos que podem atrasar o início das operações da usina. Já o aluguel permite que a empresa possa iniciar suas atividades com um investimento menor, além de não precisar se preocupar com a manutenção e a valorização da área. No entanto, é importante que a empresa responsável pelo projeto avalie as condições do contrato de arrendamento, incluindo o valor do aluguel, o prazo do contrato e as obrigações e responsabilidades de cada parte envolvida. Dessa forma, é possível garantir que o modelo de aluguel seja uma opção viável e rentável para a instalação de FFV.

O valor do aluguel estipulado para este trabalho será de R\$ 6000,00, já considerando um valor líquido e livre de impostos. Para esta estipulação do valor do aluguel do terreno

apresentado, foram realizadas pesquisas em imobiliárias e registros de transações. As informações obtidas foram analisadas, levando em conta fatores como o tamanho e a localização do terreno, além de características relevantes que influenciam o valor de mercado do aluguel de terrenos.

### 3.5.3 Resumo das receitas e despesas

Nesta seção, será apresentado um resumo das receitas e despesas básicas para a implementação da usina solar. Serão listadas as despesas iniciais que serão consideradas como investimento inicial do projeto, bem como as despesas mensais que serão utilizadas para calcular o fluxo de caixa do empreendimento. Dessa forma, será possível ter uma visão geral dos custos envolvidos na implantação e operação da usina solar, permitindo uma análise mais precisa da viabilidade financeira do projeto. Serão considerados aspectos como o custo dos equipamentos, instalação, manutenção, mão de obra, além de outras despesas relacionadas à produção e comercialização da energia solar. Na tabela 6 são apresentadas as duas principais receitas consideradas para este estudo.

**Tabela 6-** Resumo das receitas da FFV

<b>Receitas</b>	<b>Valor</b>
<b>Aluguel do sistema</b>	Dependerá do caso e do cenário
<b>Caução Inicial</b>	R\$ 150.000

**Fonte:** O autor

A lista das despesas iniciais está apresentada na tabela 7, é importante salientar que o valor referente a compra do terreno será utilizado apenas para o estudo de caso 1, de forma que para este estudo de caso será considerado um investimento inicial maior, que para o estudo de caso 2.

**Tabela 7-** Resumo das despesas iniciais da FFV

<b>Despesas Iniciais</b>	<b>Valor</b>
<b>Compra e instalação da FFV</b>	R\$ 1.796.818,00
<b>Compra do terreno</b>	R\$ 526.281,25
<b>Homologação Concessionária</b>	R\$ 1.000,00

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Em contrapartida, para o estudo de caso 2 as despesas mensais serão maiores, pois está embutido um valor para o aluguel do terreno ocupado pelo sistema. Da mesma forma o valor

de aluguel mensal não será considerado para o estudo de caso 1, de forma que o fluxo de caixa será maior para o estudo de caso 1 em comparação com o estudo de caso 2. A tabela 8 apresenta as despesas mensais do estudo de caso 2.

**Tabela 8** - Resumo das despesas mensais da FFV

<b>Despesas mensais</b>	<b>Valor</b>
<b>Aluguel do terreno</b>	R\$ 6.000,00
<b>TUSD G</b>	R\$ 233,94
<b>Custos Operacionais</b>	5% do valor médio do aluguel
<b>Custos de manutenção</b>	R\$ 7.486,74
<b>PIS/COFINS</b>	3,65% do aluguel
<b>IRPJ</b>	8% do aluguel
<b>CSLL</b>	2,88% do aluguel

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma vez que o valor do aluguel e outros custos irão variar em função do cenário, serão utilizados três custos operacionais diferentes, que terão um impacto direto nos diferentes resultados que o estudo apresentará. A tabela 9 mostra o valor considerado para cada um destes custos.

**Tabela 9** - Custos operacionais para cada cenário

<b>Custos operacionais</b>	<b>Valor</b>
<b>Cenário Otimista</b>	R\$ 2.690,36
<b>Cenário Realista</b>	R\$ 2.190,36
<b>Cenário Pessimista</b>	R\$ 1.690,36

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Microsoft Excel

Vale lembrar que apesar de existir diferenças entre os valores dos custos operacionais para os três cenários, estes custos são obtidos a partir do valor médio do aluguel cobrado pela FFV, que se diferem em função dos cenários, mas não em função dos estudos de caso. O valor cobrado pelos custos operacionais é de 5% em cima do valor médio do aluguel. Por fim, a tabela 10 apresenta os valores das despesas iniciais totais, corroborando que a despesa inicial é maior no estudo de caso 1 e a despesa mensal é maior no estudo de caso 2.

**Tabela 10** - Despesas iniciais totais para os dois casos

<b>Despesas Iniciais Totais</b>	<b>Valor</b>
<b>Total Caso 1</b>	R\$ 2.474.099,25
<b>Total Caso 2</b>	R\$ 1.947.818,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Microsoft Excel

Estes valores são utilizados para determinar o fluxo de caixa em cada um dos casos e cenários. Assim, é possível obter os resultados finais da análise financeira, que poderá indicar a viabilidade financeira da FFV através dos indicadores financeiros pré-escolhidos. As tabelas 11 e 12 mostram os valores de fluxo de caixa mensais.

**Tabela 11** - Fluxos de caixa para o Estudo de Caso 1.

<b>Estudo de Caso 1</b>	<b>Valor</b>
<b>Fluxo de caixa otimista</b>	R\$ 36.924,34
<b>Fluxo de caixa realista</b>	R\$ 28.783,23
<b>Fluxo de caixa pessimista</b>	R\$ 20.642,12

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Microsoft Excel

Observa-se a partir da tabela 12 que para o estudo de caso 2 os fluxos de caixa são menores. Apesar de o fluxo de caixa mensal ser menor, isso não significa necessariamente que os resultados do estudo de caso 1 vão apresentar melhor viabilidade financeira do que o estudo de caso 2, pois o estudo de caso 1 requer investimentos iniciais maiores.

**Tabela 12** - Fluxos de caixa para o Estudo de Caso 2

<b>Estudo de Caso 2</b>	<b>Valor</b>
<b>Fluxo de caixa otimista</b>	R\$ 31.577,14
<b>Fluxo de caixa realista</b>	R\$ 23.436,03
<b>Fluxo de caixa pessimista</b>	R\$ 15.294,92

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Microsoft Excel

Para todos os cenários será considerada uma taxa de desconto de 3%, este valor foi estipulado com base nos baixos riscos envolvidos no processo de comercialização de energia de um SSFV. A definição desta taxa não é trivial e leva em conta uma grande diversidade de fatores. Segundo Schuina (2021), a taxa de juros a ser utilizada para o desconto é subjetiva que deve se basear em previsões seguras, cada empresa define e calcula essa taxa com base no custo de oportunidade.

## 4. Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos para os dois estudos de casos propostos, Estudo de Caso 01 e Estudo de Caso 02, considerando os cenários otimista, realista

e pessimista. Para o desenvolvimento foram considerados as despesas iniciais, despesas mensais e receita mensal, juntamente com o fluxo de caixa de cada cenário apresentados no capítulo anterior. Além disso, foram considerados os indicadores de desempenho, tais como, tempo de retorno do investimento, TIR e VPL, para avaliar a rentabilidade do projeto.

## 4.1 Considerações iniciais

Para cada estudo de caso serão apresentadas as tabelas contendo os valores do fluxo de caixa e valor presente, considerando os três cenários adotados. Elas serão divididas em quatro colunas contendo as informações do Período, dado em anos, Fluxo de Caixa, onde serão apresentados os valores correspondentes ao fluxo de caixa gerado pelo sistema em cada ano, Valor Presente, serão os valores atuais de cada fluxo de caixa, considerando a taxa de desconto adotada no estudo, e ainda VP Acumulado, que serão os valores acumulados ao longo dos anos, resultantes da soma dos fluxos de caixa presentes em cada ano. Para todos os cenários foi considerado uma taxa de desconto de 3% que foi estipulado com base no baixo risco inerente do investimento em energia solar, da demanda. Os indicadores financeiros foram calculados através das ferramentas do *software* Excel.

## 4.2 Estudo de Caso 1

### 4.2.1 Cenário Otimista

Os valores dos fluxos de caixas e VPs são apresentados na tabela 13. É possível perceber que o VP acumulado no ano zero é referente ao valor negativo do que foi destinado para o investimento inicial. Observa-se que a partir do ano 7, o VP Acumulado passa do valor de - R\$ 73.784,53 para R\$ 286.489,89. Desta forma, pode-se considerar que o *payback* para o cenário otimista no Estudo de Caso 1 é entre o sexto ou sétimo ano do investimento. É importante salientar que a tabela 12 apresentou o valor dos fluxos de caixa mensais, e agora está sendo tratado fluxo de caixa anual.

**Tabela 13** - Fluxo de caixa e VPs para o cenário otimista do Estudo de Caso 1

Período (ano)	Fluxo de caixa anual	Valor Presente	VP acumulado
0	-R\$ 2.474.099,25	-R\$ 2.474.099,25	-R\$ 2.474.099,25
1	R\$ 443.092,10	R\$ 430.186,50	-R\$ 2.043.912,75
2	R\$ 443.092,10	R\$ 417.656,80	-R\$ 1.626.255,95
3	R\$ 443.092,10	R\$ 405.492,04	-R\$ 1.220.763,91

4	R\$ 443.092,10	R\$ 393.681,59	-R\$ 827.082,32
5	R\$ 443.092,10	R\$ 382.215,14	-R\$ 444.867,19
6	R\$ 443.092,10	R\$ 371.082,66	-R\$ 73.784,53
7	R\$ 443.092,10	R\$ 360.274,42	R\$ 286.489,89
8	R\$ 443.092,10	R\$ 349.780,99	R\$ 636.270,88
9	R\$ 443.092,10	R\$ 339.593,20	R\$ 975.864,08
10	R\$ 443.092,10	R\$ 329.702,13	R\$ 1.305.566,22
11	R\$ 443.092,10	R\$ 320.099,16	R\$ 1.625.665,37
12	R\$ 443.092,10	R\$ 310.775,88	R\$ 1.936.441,26
13	R\$ 443.092,10	R\$ 301.724,16	R\$ 2.238.165,41
14	R\$ 443.092,10	R\$ 292.936,08	R\$ 2.531.101,49
15	R\$ 443.092,10	R\$ 284.403,96	R\$ 2.815.505,44
16	R\$ 443.092,10	R\$ 276.120,35	R\$ 3.091.625,79
17	R\$ 443.092,10	R\$ 268.078,01	R\$ 3.359.703,80
18	R\$ 443.092,10	R\$ 260.269,91	R\$ 3.619.973,71
19	R\$ 443.092,10	R\$ 252.689,23	R\$ 3.872.662,94
20	R\$ 443.092,10	R\$ 245.329,35	R\$ 4.117.992,29
21	R\$ 443.092,10	R\$ 238.183,84	R\$ 4.356.176,12
22	R\$ 443.092,10	R\$ 231.246,44	R\$ 4.587.422,57
23	R\$ 443.092,10	R\$ 224.511,11	R\$ 4.811.933,68
24	R\$ 443.092,10	R\$ 217.971,95	R\$ 5.029.905,63
25	R\$ 443.092,10	R\$ 211.623,25	R\$ 5.241.528,88

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

A tabela 14 apresenta os principais indicadores financeiros obtidos para o projeto de implementação da usina solar. Sendo eles: Soma VP, VPL do projeto, TIR do projeto, Taxa de Lucratividade e *payback*. Esses indicadores são fundamentais para avaliar a viabilidade financeira do projeto e tomar decisões informadas sobre seu desenvolvimento.

**Tabela 14** - Indicadores financeiros finais para o cenário otimista Estudo de Caso 1

INDICADOR	VALOR
<b>SOMA VPs (ano 1 a 25)</b>	R\$ 7.715.628,13
<b>VPL do projeto</b>	R\$ 5.241.528,88
<b>Taxa interna de retorno</b>	17,60%
<b>Taxa de Lucratividade</b>	3,118560474
<b>Tempo de Payback</b>	6,204800916

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

Os resultados obtidos para o cenário otimista do Estudo de Caso 1 mostram que o projeto é rentável, com uma TIR superior à taxa de desconto utilizada, além de apresentar um VPL e uma Taxa de Lucratividade positivos. O *payback* indica que o investimento pode ser recuperado em um prazo de aproximadamente 6 anos.

#### 4.2.2 Cenário Realista

A tabela 15 apresenta o fluxo de caixa e os valores presentes (VPs) para o cenário realista do Estudo de Caso 01.

**Tabela 15** - Fluxo de caixa e VPs para o cenário realista do Estudo de Caso 1

Período (ano)	Fluxo de caixa anual	Valor Presente	VP acumulado
0	-R\$ 2.474.099,25	-R\$ 2.474.099,25	-R\$ 2.474.099,25
1	R\$ 345.398,75	R\$ 335.338,60	-R\$ 2.138.760,65
2	R\$ 345.398,75	R\$ 325.571,45	-R\$ 1.813.189,20
3	R\$ 345.398,75	R\$ 316.088,79	-R\$ 1.497.100,41
4	R\$ 345.398,75	R\$ 306.882,32	-R\$ 1.190.218,10
5	R\$ 345.398,75	R\$ 297.944,00	-R\$ 892.274,10
6	R\$ 345.398,75	R\$ 289.266,02	-R\$ 603.008,08
7	R\$ 345.398,75	R\$ 280.840,79	-R\$ 322.167,28
8	R\$ 345.398,75	R\$ 272.660,97	-R\$ 49.506,32
9	R\$ 345.398,75	R\$ 264.719,38	R\$ 215.213,06
10	R\$ 345.398,75	R\$ 257.009,11	R\$ 472.222,17
11	R\$ 345.398,75	R\$ 249.523,41	R\$ 721.745,58
12	R\$ 345.398,75	R\$ 242.255,74	R\$ 964.001,32
13	R\$ 345.398,75	R\$ 235.199,74	R\$ 1.199.201,06
14	R\$ 345.398,75	R\$ 228.349,27	R\$ 1.427.550,33
15	R\$ 345.398,75	R\$ 221.698,32	R\$ 1.649.248,65
16	R\$ 345.398,75	R\$ 215.241,08	R\$ 1.864.489,73
17	R\$ 345.398,75	R\$ 208.971,93	R\$ 2.073.461,66
18	R\$ 345.398,75	R\$ 202.885,37	R\$ 2.276.347,02
19	R\$ 345.398,75	R\$ 196.976,08	R\$ 2.473.323,10
20	R\$ 345.398,75	R\$ 191.238,92	R\$ 2.664.562,02
21	R\$ 345.398,75	R\$ 185.668,85	R\$ 2.850.230,87
22	R\$ 345.398,75	R\$ 180.261,02	R\$ 3.030.491,89
23	R\$ 345.398,75	R\$ 175.010,70	R\$ 3.205.502,59
24	R\$ 345.398,75	R\$ 169.913,30	R\$ 3.375.415,88
25	R\$ 345.398,75	R\$ 164.964,37	R\$ 3.540.380,25

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

Com base em um cenário menos rentável em que um valor de aluguel menor é cobrado pelo SSFV, os resultados financeiros ainda são positivos. Embora as taxas de retorno e lucratividade sejam menores em comparação com o cenário anterior, a TIR ainda é superior à taxa de desconto utilizada, o VPL e a Taxa de Lucratividade ainda são positivos, e o *payback* indica que o investimento pode ser recuperado em um prazo razoável, em torno de 8 (oito) anos. Os resultados obtidos para os indicadores financeiros para o cenário Realista do Estudo de Caso 1 estão apresentados na tabela 16.

**Tabela 16** - Indicadores financeiros finais para o cenário realista do Estudo de Caso 1

INDICADOR	VALOR
<b>SOMA VPs (ano 1 a 25)</b>	R\$ 6.014.479,50
<b>VPL do projeto</b>	R\$ 3.540.380,25
<b>Taxa interna de retorno</b>	13,35%
<b>Taxa de Lucratividade</b>	2,430977457
<b>Tempo de Payback</b>	8,187014335

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

Uma vez que o *payback* do cenário otimista apresentou um valor em torno de 6 anos já é possível observar diferenças significativas entre os cenários, pois no cenário realista o *payback* foi de 8,18 anos, assim como o *payback*, os demais indicadores também foram impactados.

#### 4.2.3 Cenário Pessimista

A tabela 17 apresenta o fluxo de caixa e os valores presentes (VPs) para o cenário pessimista do Estudo de Caso 01. E os resultados obtidos para os indicadores financeiros para este cenário estão apresentados na tabela 18.

Em um cenário ainda menos rentável, em que um aluguel ainda menor é cobrado, os resultados financeiros permanecem positivos. Embora as taxas de retorno e lucratividade sejam menores em comparação com os dois cenários anteriores, a TIR ainda é superior à taxa de desconto utilizada, o VPL e a Taxa de Lucratividade ainda são positivos, e o *payback* indica que o investimento pode ser recuperado em um prazo de aproximadamente 12 anos.

É importante destacar que, mesmo com um aluguel menor, a implementação da FFV pode se tornar mais atraente para os clientes que desejam consumir energia limpa e renovável. Dessa forma, embora o lucro seja menor em comparação com os outros cenários, a implantação da FFV pode ser vista como uma vantagem competitiva para atrair um público que valoriza a sustentabilidade.

**Tabela 17** - Fluxo de caixa e VPs para o cenário pessimista do Estudo de Caso 1

Período (ano)	Fluxo de caixa anual	Valor Presente	VP acumulado
<b>0</b>	-R\$ 2.474.099,25	-R\$ 2.474.099,25	-R\$ 2.474.099,25
<b>1</b>	R\$ 247.705,41	R\$ 240.490,69	-R\$ 2.233.608,56
<b>2</b>	R\$ 247.705,41	R\$ 233.486,11	-R\$ 2.000.122,46
<b>3</b>	R\$ 247.705,41	R\$ 226.685,54	-R\$ 1.773.436,92

4	R\$ 247.705,41	R\$ 220.083,05	-R\$ 1.553.353,87
5	R\$ 247.705,41	R\$ 213.672,86	-R\$ 1.339.681,01
6	R\$ 247.705,41	R\$ 207.449,38	-R\$ 1.132.231,63
7	R\$ 247.705,41	R\$ 201.407,17	-R\$ 930.824,46
8	R\$ 247.705,41	R\$ 195.540,94	-R\$ 735.283,52
9	R\$ 247.705,41	R\$ 189.845,57	-R\$ 545.437,95
10	R\$ 247.705,41	R\$ 184.316,09	-R\$ 361.121,87
11	R\$ 247.705,41	R\$ 178.947,66	-R\$ 182.174,21
12	R\$ 247.705,41	R\$ 173.735,59	-R\$ 8.438,62
13	R\$ 247.705,41	R\$ 168.675,33	R\$ 160.236,71
14	R\$ 247.705,41	R\$ 163.762,46	R\$ 323.999,17
15	R\$ 247.705,41	R\$ 158.992,68	R\$ 482.991,85
16	R\$ 247.705,41	R\$ 154.361,82	R\$ 637.353,67
17	R\$ 247.705,41	R\$ 149.865,85	R\$ 787.219,51
18	R\$ 247.705,41	R\$ 145.500,82	R\$ 932.720,34
19	R\$ 247.705,41	R\$ 141.262,93	R\$ 1.073.983,27
20	R\$ 247.705,41	R\$ 137.148,48	R\$ 1.211.131,75
21	R\$ 247.705,41	R\$ 133.153,86	R\$ 1.344.285,61
22	R\$ 247.705,41	R\$ 129.275,60	R\$ 1.473.561,21
23	R\$ 247.705,41	R\$ 125.510,29	R\$ 1.599.071,49
24	R\$ 247.705,41	R\$ 121.854,65	R\$ 1.720.926,14
25	R\$ 247.705,41	R\$ 118.305,48	R\$ 1.839.231,63

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

**Tabela 18** - Indicadores financeiros finais para o cenário pessimista do Estudo de Caso 1

INDICADOR	VALOR
<b>SOMA VPs (ano 1 a 25)</b>	R\$ 4.313.330,88
<b>VPL do projeto</b>	R\$ 1.839.231,63
<b>Taxa interna de retorno</b>	8,79%
<b>Taxa de Lucratividade</b>	1,74339444
<b>Tempo de Payback</b>	12,05002876

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

Conforme pode ser visto nos resultados para os três cenários do Estudo de Caso 1, o cenário pessimista apresentou indicadores menos lucrativos que os demais, e o cenário otimista apresentou os melhores indicadores financeiros mostrando alguns dos impactos da precificação do valor do aluguel da FFV.

## 4.3 Estudo de Caso 2

No Estudo de Caso 2, com um valor de investimento inicial menor e um fluxo de caixa mais positivo, as despesas iniciais e mensais são menores, mas a receita mensal aplicada é igual, resultando em um fluxo de caixa mais favorável em comparação com o caso anterior.

### 4.3.1 Cenário Otimista

A projeção do cenário otimista para 25 anos levando em conta fluxo de caixa, VP e VP acumulado são apresentados na tabela 19.

**Tabela 19** - Fluxo de caixa e VPs para o cenário otimista do Estudo de Caso 2

Período (ano)	Fluxo de caixa anual	Valor Presente	VP acumulado
0	-R\$ 1.947.818,00	-R\$ 1.947.818,00	-R\$ 1.947.818,00
1	R\$ 378.925,70	R\$ 367.889,03	-R\$ 1.579.928,97
2	R\$ 378.925,70	R\$ 357.173,81	-R\$ 1.222.755,16
3	R\$ 378.925,70	R\$ 346.770,69	-R\$ 875.984,47
4	R\$ 378.925,70	R\$ 336.670,57	-R\$ 539.313,90
5	R\$ 378.925,70	R\$ 326.864,64	-R\$ 212.449,26
6	R\$ 378.925,70	R\$ 317.344,31	R\$ 104.895,05
7	R\$ 378.925,70	R\$ 308.101,27	R\$ 412.996,31
8	R\$ 378.925,70	R\$ 299.127,44	R\$ 712.123,76
9	R\$ 378.925,70	R\$ 290.414,99	R\$ 1.002.538,75
10	R\$ 378.925,70	R\$ 281.956,31	R\$ 1.284.495,06
11	R\$ 378.925,70	R\$ 273.743,99	R\$ 1.558.239,04
12	R\$ 378.925,70	R\$ 265.770,86	R\$ 1.824.009,90
13	R\$ 378.925,70	R\$ 258.029,96	R\$ 2.082.039,87
14	R\$ 378.925,70	R\$ 250.514,53	R\$ 2.332.554,39
15	R\$ 378.925,70	R\$ 243.217,99	R\$ 2.575.772,38
16	R\$ 378.925,70	R\$ 236.133,97	R\$ 2.811.906,34
17	R\$ 378.925,70	R\$ 229.256,28	R\$ 3.041.162,62
18	R\$ 378.925,70	R\$ 222.578,91	R\$ 3.263.741,53
19	R\$ 378.925,70	R\$ 216.096,03	R\$ 3.479.837,56
20	R\$ 378.925,70	R\$ 209.801,97	R\$ 3.689.639,54
21	R\$ 378.925,70	R\$ 203.691,23	R\$ 3.893.330,77
22	R\$ 378.925,70	R\$ 197.758,48	R\$ 4.091.089,25
23	R\$ 378.925,70	R\$ 191.998,52	R\$ 4.283.087,77
24	R\$ 378.925,70	R\$ 186.406,33	R\$ 4.469.494,11
25	R\$ 378.925,70	R\$ 180.977,02	R\$ 4.650.471,13

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

A tabela 20 apresenta os resultados dos indicadores financeiros para o cenário otimista do Estudo de Caso 2. A soma dos valores presentes indica que o projeto é capaz de gerar um

fluxo de caixa significativo ao longo do período analisado. O VPL apresenta um valor positivo, o que indica que o investimento é viável do ponto de vista financeiro. A TIR é de 19,21% e a taxa de lucratividade indica que o projeto é capaz de gerar lucro.

**Tabela 20** - Indicadores financeiros finais para o cenário otimista do Estudo de Caso 2

INDICADOR	VALOR
<b>SOMA VPs (ano 1 a 25)</b>	R\$ 6.598.289,13
<b>VPL do projeto</b>	R\$ 4.650.471,13
<b>Taxa interna de retorno</b>	19,21%
<b>Taxa de Lucratividade</b>	3,387528573
<b>Tempo de Payback</b>	5,669459817

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

#### 4.3.2 Cenário Realista

A tabela 21 mostra o fluxo de caixa e a projeção dos VPs para o cenário realista do Estudo de Caso 2.

A tabela 22 apresenta os indicadores financeiros para o cenário realista do Estudo de Caso 2. Embora os resultados sejam um pouco menos rentáveis do que o cenário otimista, os valores ainda indicam bons resultados financeiros. A soma dos VPs mostra que o projeto tem um valor presente significativo, e o VPL positivo indica que o investimento é viável. A TIR e a taxa de lucratividade são boas e indicam uma rentabilidade para o investimento. O *payback* de aproximadamente oito anos também é um indicador positivo, mostrando que o projeto tem potencial para recuperar o investimento inicial em um período razoável.

**Tabela 21** - Fluxo de caixa e VPs para o cenário realista do Estudo de Caso 2

Período (ano)	Fluxo de caixa anual	Valor Presente	VP acumulado
---------------	----------------------	----------------	--------------

0	-R\$ 1.947.818,00	<b>-R\$ 1.947.818,00</b>	<b>-R\$ 1.947.818,00</b>
1	R\$ 281.232,35	R\$ 273.041,12	<b>-R\$ 1.674.776,88</b>
2	R\$ 281.232,35	R\$ 265.088,47	<b>-R\$ 1.409.688,41</b>
3	R\$ 281.232,35	R\$ 257.367,44	<b>-R\$ 1.152.320,97</b>
4	R\$ 281.232,35	R\$ 249.871,30	<b>-R\$ 902.449,67</b>
5	R\$ 281.232,35	R\$ 242.593,50	<b>-R\$ 659.856,17</b>
6	R\$ 281.232,35	R\$ 235.527,67	<b>-R\$ 424.328,50</b>
7	R\$ 281.232,35	R\$ 228.667,64	<b>-R\$ 195.660,86</b>
8	R\$ 281.232,35	R\$ 222.007,42	R\$ 26.346,55
9	R\$ 281.232,35	R\$ 215.541,18	R\$ 241.887,73
10	R\$ 281.232,35	R\$ 209.263,28	R\$ 451.151,02
11	R\$ 281.232,35	R\$ 203.168,24	R\$ 654.319,25
12	R\$ 281.232,35	R\$ 197.250,71	R\$ 851.569,97
13	R\$ 281.232,35	R\$ 191.505,55	R\$ 1.043.075,52
14	R\$ 281.232,35	R\$ 185.927,72	R\$ 1.229.003,23
15	R\$ 281.232,35	R\$ 180.512,35	R\$ 1.409.515,58
16	R\$ 281.232,35	R\$ 175.254,70	R\$ 1.584.770,28
17	R\$ 281.232,35	R\$ 170.150,20	R\$ 1.754.920,48
18	R\$ 281.232,35	R\$ 165.194,37	R\$ 1.920.114,85
19	R\$ 281.232,35	R\$ 160.382,88	R\$ 2.080.497,73
20	R\$ 281.232,35	R\$ 155.711,54	R\$ 2.236.209,27
21	R\$ 281.232,35	R\$ 151.176,25	R\$ 2.387.385,51
22	R\$ 281.232,35	R\$ 146.773,06	R\$ 2.534.158,57
23	R\$ 281.232,35	R\$ 142.498,11	R\$ 2.676.656,68
24	R\$ 281.232,35	R\$ 138.347,68	R\$ 2.815.004,36
25	R\$ 281.232,35	R\$ 134.318,14	R\$ 2.949.322,50

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

Tabela 22 - Indicadores financeiros finais para o cenário realista do Estudo de Caso 2

INDICADOR	VALOR
<b>SOMA VPs (ano 1 a 25)</b>	R\$ 4.897.140,50
<b>VPL do projeto</b>	R\$ 2.949.322,50
<b>Taxa interna de retorno</b>	13,88%
<b>Taxa de Lucratividade</b>	2,514167393
<b>Tempo de Payback</b>	7,881325795

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

#### 4.3.3 Cenário Pessimista

A tabela 23 apresenta o fluxo de caixa e os valores presentes para o cenário pessimista do Estudo de Caso 2.

**Tabela 23** - Fluxo de caixa e VPs para o cenário pessimista do Estudo de Caso 2

Período (ano)	Fluxo de caixa anual	Valor Presente	VP acumulado
0	-R\$ 1.947.818,00	-R\$ 1.947.818,00	-R\$ 1.947.818,00
1	R\$ 183.539,01	R\$ 178.193,21	-R\$ 1.769.624,79
2	R\$ 183.539,01	R\$ 173.003,12	-R\$ 1.596.621,67
3	R\$ 183.539,01	R\$ 167.964,19	-R\$ 1.428.657,47
4	R\$ 183.539,01	R\$ 163.072,03	-R\$ 1.265.585,44
5	R\$ 183.539,01	R\$ 158.322,36	-R\$ 1.107.263,08
6	R\$ 183.539,01	R\$ 153.711,03	-R\$ 953.552,05
7	R\$ 183.539,01	R\$ 149.234,01	-R\$ 804.318,04
8	R\$ 183.539,01	R\$ 144.887,39	-R\$ 659.430,65
9	R\$ 183.539,01	R\$ 140.667,37	-R\$ 518.763,28
10	R\$ 183.539,01	R\$ 136.570,26	-R\$ 382.193,02
11	R\$ 183.539,01	R\$ 132.592,49	-R\$ 249.600,54
12	R\$ 183.539,01	R\$ 128.730,57	-R\$ 120.869,97
13	R\$ 183.539,01	R\$ 124.981,13	R\$ 4.111,17
14	R\$ 183.539,01	R\$ 121.340,91	R\$ 125.452,07
15	R\$ 183.539,01	R\$ 117.806,71	R\$ 243.258,78
16	R\$ 183.539,01	R\$ 114.375,44	R\$ 357.634,22
17	R\$ 183.539,01	R\$ 111.044,12	R\$ 468.678,34
18	R\$ 183.539,01	R\$ 107.809,82	R\$ 576.488,16
19	R\$ 183.539,01	R\$ 104.669,73	R\$ 681.157,90
20	R\$ 183.539,01	R\$ 101.621,10	R\$ 782.779,00
21	R\$ 183.539,01	R\$ 98.661,26	R\$ 881.440,26
22	R\$ 183.539,01	R\$ 95.787,63	R\$ 977.227,89
23	R\$ 183.539,01	R\$ 92.997,70	R\$ 1.070.225,59
24	R\$ 183.539,01	R\$ 90.289,03	R\$ 1.160.514,62
25	R\$ 183.539,01	R\$ 87.659,25	R\$ 1.248.173,88

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

Para o cenário pessimista do Estudo de Caso 2, os resultados financeiros apresentados pela tabela são menos rentáveis em comparação aos outros cenários, mas são positivos. É importante destacar que o *payback* é o mais longo dentre todos os cenários apresentados, levando 12,96 anos para ser atingido. Porém, é preciso lembrar que o retorno financeiro do projeto dura 25 anos, o que significa que ainda há um período significativo de lucratividade após o período de *payback*. Embora apresente um tempo de *payback* mais longo do que os outros cenários apresentados, é importante avaliar cada caso de acordo com seus próprios parâmetros e expectativas. A tabela 24 mostra os indicadores finais para o Caso 2 do cenário pessimista.

**Tabela 24** - Indicadores financeiros finais para o cenário pessimista do Estudo de Caso 2

INDICADOR	VALOR
-----------	-------

<b>SOMA VPs (ano 1 a 25)</b>	R\$ 3.195.991,88
<b>VPL do projeto</b>	R\$ 1.248.173,88
<b>Taxa interna de retorno</b>	8,07%
<b>Taxa de Lucratividade</b>	1,640806213
<b>Tempo de Payback</b>	12,96710571

Fonte: Elaborado pelo autor em Microsoft Excel

O cenário pessimista apresenta o *payback* mais longo de todos os cenários, de aproximadamente 13 anos, entretanto ainda sim pode ser encarado como um indicador positivo, uma vez que os retornos tem previsão de 25 anos.

#### 4.4 Considerações finais

A análise dos resultados dos dois estudos de caso apresentados neste projeto indica que a implementação de uma usina solar em Porto Alegre é viável financeiramente, mesmo em cenários considerados pessimistas. Os resultados mostram que o Estudo de Caso 1, que envolve a compra do terreno, é mais lucrativo em todos os cenários, apesar do maior investimento inicial. Por outro lado, o estudo de caso 2, que envolve o aluguel do terreno, tem um fluxo de caixa menos lucrativo, mas com um investimento inicial menor.

O cenário otimista apresentou os melhores resultados para ambos os casos, com VPLs e TIRs mais elevados, indicando uma maior lucratividade do projeto. Já o cenário pessimista apresentou VPLs e TIRs menores, o que ainda assim aponta para a viabilidade do projeto.

Além disso, é importante ressaltar que a escolha do terreno influencia diretamente nos resultados financeiros do projeto. No estudo de caso 1, a escolha do terreno é um fator determinante para a viabilidade financeira, uma vez que um terreno com maior potencial de geração de energia pode resultar em receitas mais elevadas. Já no estudo de caso 2, a escolha do terreno não é tão crítica, uma vez que o investimento inicial é menor.

## 5. Conclusões

Com base nas análises realizadas neste trabalho, é possível concluir que a implementação de uma usina solar em Porto Alegre pode ser viável financeiramente, considerando diferentes cenários e modalidades de aquisição do terreno onde a usina será instalada.

No Estudo de Caso 1, onde a opção foi a compra do terreno, e começou com um investimento inicial mais elevado, o cenário realista apresentou *payback* de 8,18 anos, que pode ser considerado razoável já que a previsão de receitas da FFV é de 25 anos, no entanto foi maior em relação ao Estudo de Caso 2 que foi de 7,88 anos. A taxa de lucratividade foi de 2,43 e também foi inferior em relação ao Caso 2 que foi de 2,51

No Estudo de Caso 2, onde o terreno é alugado, o investimento inicial foi menor, mas o fluxo de caixa gerado foi menos lucrativo. O cenário otimista do Estudo de Caso 2 apresentou o melhor *payback*, 5,66 anos. Em contrapartida o cenário pessimista apresentou o pior *payback*, de 12,96 anos, mostrando que o Estudo de Caso 2 teve uma oscilação maior que o Estudo de Caso 1, e isso provavelmente se deve ao fato do lucro mensal do caso 2 ser menor e à medida que o lucro mensal diminui, o valor do aluguel cobrado pelo terreno de instalação do sistema fotovoltaico se torna mais significativo em relação as receitas, considerando o fluxo de caixa do investidor.

É importante ressaltar que, embora os resultados apresentados sejam promissores, algumas considerações devem ser feitas. Primeiramente, a taxa de desconto utilizada pode não ser a mais adequada, tendo em vista que o investimento em energia solar é considerado seguro. Além disso, alguns valores considerados para despesas, como tarifas de geração de energia e homologação da concessionária, foram valores aproximados e podem variar na prática.

Algumas limitações foram identificadas no estudo de viabilidade financeira de fazendas solares no Rio Grande do Sul. Primeiramente, as simulações realizadas podem gerar uma distorção nos resultados em relação a um exemplo real de fazenda fotovoltaica. Além disso, durante o processo de pesquisa e obtenção de dados, não foi possível encontrar um contrato de locação de um sistema fotovoltaico aplicado em uma situação real, o que limitou a precisão na aplicação de mensalidades, tarifas e tributos em uma fazenda solar. Ademais, o estudo não considerou um terreno real para a instalação da fazenda fotovoltaica e nem a inclinação dos

suportes dos painéis fotovoltaicos, o que poderia ter sido levado em conta juntamente com a presença de *trackers* nos painéis para otimização da produção de energia elétrica.

### **5.1 Sugestão de trabalhos futuros**

Para futuros estudos, recomenda-se que sejam conduzidas análises de viabilidade financeira de fazendas solares em outras regiões do país, a fim de avaliar o potencial de geração de energia solar em diferentes contextos geográficos. Além disso, sugere-se a realização de um estudo comparativo entre diferentes regiões de concessão de energia elétrica, com o intuito de avaliar a rentabilidade da implementação de fazendas solares em cada região. Outra possibilidade de estudo seria a análise da viabilidade econômica de terrenos agrivoltaicos, onde a produção de energia elétrica e atividades agropecuárias ocorrem simultaneamente. Por fim, seria interessante a realização de um estudo comparativo entre fazendas solares de diferentes tamanhos de potência instalada, com o objetivo de avaliar a rentabilidade da implementação de sistemas solares de diferentes capacidades.

## Referências

AMARAL, Marcelo Batista do; CONDÉ, Rogério Francisco da Silva; OLIVEIRA, Camila Karoline Coelho de. Fazendas solares: aspectos técnicos e legais e seus impactos econômicos e ambientais. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEELa). Resolução normativa nº 482. 17 abr. 2012. Disponível em: <ren2012482.pdf (aneel.gov.br)>. Acesso em 02 jan 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEELb). Resolução normativa nº 687. 21 nov. 2015. Disponível em: <REN482\_Micro e minigeração (aneel.gov.br)>. Acesso em 02 jan 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEELc). Resolução Homologatória nº 3.138, de 16 de novembro de 2022. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 nov. 2022. Disponível em: <https://ceee.equatorialenergia.com.br/ceee/RESOLUOHOMOLOGATRIAN3.138DE16NOVEMBRODE2022.pdf>. Acesso em: 02 fev 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEELd). Quantidade anual de conexão. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao/quantidade-anual-de-conexoes>. Acesso em: 16 mar. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Dispõe sobre o marco legal da microgeração e minigeração distribuídas de energia elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/14300.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/14300.htm). Acesso em: 25 dez 2022.

BLOG BLUE SOL (2020). Efeito foto elétrico x Efeito Fotovoltaico: Entenda a diferença. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/efeito-fotoeletrico-fotovoltaico/>. Acesso em 22 mar 2023.

CHALGYNBAYEVA, A., GABNAI, Z., LENGYEL, P., PESTICHA, A., & BAI, A. (2021). Worldwide Research Trends in Agrivoltaic Systems—A Bibliometric Review. Institute of Applied Economics, Faculty of Economics and Business, University of Debrecen, 4032 Debrecen, Hungary. Institute of Applied Informatics and Logistics, Faculty of Economics and Business, University of Debrecen, 4032 Debrecen, Hungary.

de SOUZA, R. C. 2020. Modelos de negócio para micro e minigeração distribuída fotovoltaica no Brasil: Características e impactos com a alteração da compensação da energia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico. Brasília: IPEA, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Balanço Energético Nacional: ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>>. Acesso em: 01 fev 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético. Brasília, DF: EPE, jul. 2018.

FARIA, Yuri. O que é TUSD, TE, FIO B? [vídeo]. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ex09eq-W-b0>. Acesso em: 07 fev. 2023.

GOETZBERGER, A., & ZASTROW, A. (1981). On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. Fev 1981.

GOMES. E. A. 2017. Modelo de projeto de uma planta fotovoltaica de microgeração para capacitação em energia solar. 2017

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL; SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, SEGURANÇA E GESTÃO. Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul: Geração e Transmissão de Energia Elétrica. Porto Alegre, 2021.

IBGE. Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas. Volume 1. Rio de Janeiro, 1990. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269\\_1.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf). Acesso em: 10 ago. 2022.

MARIANO, J. D.; URBANETZ Jr, J.; Energia Solar Fotovoltaica: Princípios fundamentais, Editora Atena, 2022.

MUNDO DA ELETRICA. O que são linhas de transmissão? Características e Curiosidades! Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-linhas-de-transmissao-caracteristicas-curiocidades/>. Acesso em 22 mar 2023

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. Tabela m2 faces 2020. Disponível em: [https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu\\_doc/pagina\\_basica/2022/01/Tabela\\_m2\\_faces\\_2020.pdf](https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/pagina_basica/2022/01/Tabela_m2_faces_2020.pdf). Acesso em: 17 mar. 2023.

RAUSCHMAYER, H., GALDINO, M. A. 2014 “Os Impactos da Regulamentação ANEEL/482 e da Legislação Tributária no Retorno Financeiro de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede”. V Congresso Brasileiro de Energia Solar, Recife. 2014

REY SOLAR ENERGY GREEN Sistema de Energia Fotovoltaica. Disponível em <https://reysolar.com.br/>. 2019

SAMANEZ, C. P. (2009). Engenharia Econômica. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

SCHROER, Tiago. Estudo da Lei 14.300 e o impacto financeiro aos prosumidores rurais considerando uma distribuidora na região Sul. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, 2022.

SCHUINA, Lucas Lustosa. Estudo de viabilidade técnica e econômica de implementação de uma usina solar voltada para a locação de equipamentos como modelo de negócio de uma fazenda solar. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal do Espírito Santo, Curso de Engenharia Elétrica, Vitória, 2021

UERGS. Grupo de Pesquisa em radiação solar e pesquisas atmosféricas. Atlas Solar do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (2018).

URBANETZ JUNIOR, Jair. Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2010. Orientador: Ricardo Rüter.

## ANEXO A – PRÉ DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA NO PVsyst



PVsyst V7.3.2

### Pré-dimensionamento do sistema em rede

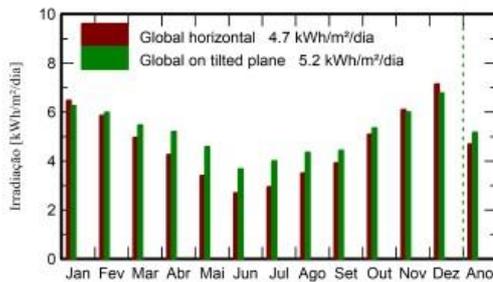
**Localização geográfica**  
Avenida do Lami - Porto Alegre  
Brasil

**Localização**  
Latitude -30.21 °S  
Longitude -51.16 °W  
Altitude 21 m  
Fuso horário UTC-3

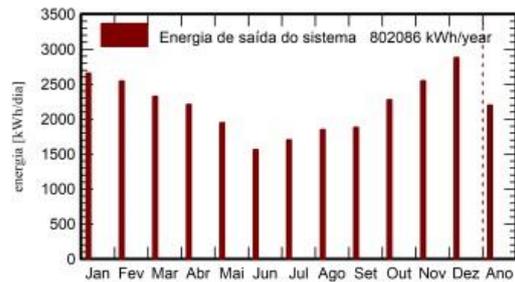
### Resumo do sistema

Potência nominal	500 kWp	Superfície total	3125 m <sup>2</sup>
Tipo de módulo	Standard	Suportes dos módulos	No solo
Tecnologia	Células monocristalinas	Propriedades da ventilação	Integrado parcialmente
Rendimento anual	802 MWh	Investimento	*96818 BRL
Prod. específica	1604 kWh/kWp	Custo da energia	0.14 BRL/kWh

### Meteorologia e energia incidente



### Saída sistema



	Horizonte total kWh/m <sup>2</sup> /dia	Plano mód. kWh/m <sup>2</sup> /dia	Saída sistema kWh/dia	Saída sistema kWh
Jan.	6.48	6.26	2658	82405
Fev.	5.86	6.00	2546	71298
Mar.	4.97	5.48	2325	72084
Abr.	4.27	5.20	2210	66300
Mai.	3.41	4.58	1946	60336
Jun.	2.70	3.68	1562	46851
Jul.	2.95	4.01	1703	52808
Ago.	3.51	4.35	1848	57302
Set.	3.93	4.43	1882	56470
Out.	5.09	5.36	2276	70543
Nov.	6.10	6.00	2548	76427
Dez.	7.15	6.78	2879	89261
Ano	4.70	5.18	2197	802086

