



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

FABIO RODRIGO MILANEZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DA  
UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM UMA UNIDADE  
INDUSTRIAL**

FABIO RODRIGO MILANEZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DA  
UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM UMA UNIDADE  
INDUSTRIAL**

Dissertação de mestrado apresentado à  
Universidade Estadual de Londrina, Programa  
de Pós-graduação em Bioenergia, com área de  
concentração em Energia Solar Térmica e  
Fotovoltaica.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Zenpulski  
Fanucchi

Londrina  
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

MILANEZ, FABIO RODRIGO .

ANALISE DE VIABILIDADE TÉCNICA ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM UMA UNIDADE INDUSTRIAL / FABIO RÓDRIGO MILANEZ. - Londrina, 2023.

83 f.

Orientador: RODRIGO ZEMPULSKI FANUCCHI.

Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2023. Inclui bibliografia.

1. ENERGIA - Tese. 2. SOLAR - Tese. I. FANUCCHI, RODRIGO ZEMPULSKI . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. III. Título.

CDU 662

FÁBIO RODRIGO MILANEZ.

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DA  
UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM UMA UNIDADE  
INDUSTRIAL**

Dissertação de mestrado apresentado à  
Universidade Estadual de Londrina, Programa  
de Pós-graduação em Bioenergia, com área  
de concentração em Energia Solar Térmica e  
Fotovoltaica

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Rodrigo Zempulski Fanucchi  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Henrique de Santana  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Jorge Augusto Pessatto  
Mondadori  
Universidade Senai Paraná

Londrina, 10 de novembro de 2023.

## RESUMO

MILANEZ, Fábio Rodrigo. **Análise de Viabilidade Técnica-Econômica da Utilização de Energia Solar em um Unidade Industrial**. 2023. 83 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

Afim de reduzir as despesas com energia elétrica e contribuir com a geração sustentável, em especial a solar e, desde que entrou em vigor a REN ANEEL nº 482 em 2012, que estabelece as condições para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o consumidor brasileiro de energia elétrica ganhou o direito de gerar sua energia através de fontes renováveis e ainda ter um benefício dessa prática, com regra válida para todo o Brasil. A pesquisa teve como objetivo realizar uma investigação através de um estudo de caso para analisar técnica e economicamente o investimento de um sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica em uma empresa com atividade industrial localizada na cidade de Rolândia, estado do Paraná, atendida com uma entrada de energia em baixa tensão e opção tarifária do grupo B. Foram utilizadas ferramentas de análises financeira para definir pela aprovação ou não do projeto, tais como o payback simples e descontado, Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL), considerando que a vida útil do sistema implantado na empresa é de 25 anos para esse tipo de tecnologia. Os resultados obtidos demonstraram que para o valor investido de R\$ 170.000,00, o payback simples será de 4 anos e 8 meses e o payback descontado de 5 anos e 8 meses, ambos positivos a médio prazo, sendo também verificado uma TIR de 20,13%, superior a TMA de 5%, inicialmente considerada para a análise da viabilidade, e um VPL positivo de R\$ 299.192,39, indicando que o projeto pode ser aceito com sinalização de que a energia fotovoltaica é atrativa como investimento. Esta última análise foi impulsionada pela diminuição dos preços dos equipamentos fotovoltaicos e pelo aumento da tarifa de energia elétrica que, nos últimos 8 anos, apresentou aumento acumulado de 103,38% no estado do Paraná, acompanhando a tendência de aumento nacional. O investimento realizado, se comparado com a poupança, CDB, LCA e Terouso Direto, também se demonstrou mais atrativo, proporcionando um retorno financeiro maior ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** solar; energia; fotovoltaica; microgeração; viabilidade;

## ABSTRACT

MILANEZ, Fábio Rodrigo. **Analysis of the Technical and Economic Feasibility of Using Solar Energy in an Industrial Unit.** 2023. 83 p. Master's Dissertation – Postgraduate Program in Bioenergy, State University of Londrina, Londrina, 2023.

With the purpose of reducing expenses with electrical energy and contributing to sustainable generation, especially photovoltaic and, since Aneel Normative Resolution No. 482 came into force in 2012, which establishes the general conditions for access to distributed micro and minigeneration to electrical energy distribution systems, the Brazilian consumer of electrical energy gained the right to generate their own energy locally through renewable sources and also have a financial benefit from this practice, with a rule valid for the entire national territory. The research aimed to carry out an investigation through a case study to technically and economically analyze the investment of a photovoltaic system for generating electrical energy in a company with industrial activity located in the city of Rolândia, state of Paraná, served with an input of low voltage energy and group B tariff option. Financial analysis tools were used to define whether or not to approve the project, such as simple and discounted payback, Internal Rate of Return (IRR) and Net Present Value (NPV), considering that the useful life of the system implemented in the company is 25 years for this type of technology. The results obtained demonstrated that for the invested amount of R\$ 170,000.00, the simple payback will be 4 years and 8 months and the discounted payback will be 5 years and 8 months, both positive in the medium term, with an IRR of 20.13%, higher than the 5% MARR, initially considered for the feasibility analysis, and a positive NPV of R\$ 299,192.39, indicating that the project can be accepted with a signal that photovoltaic energy is attractive as an investment. This last analysis was driven by the decrease in the prices of photovoltaic equipment and the increase in electricity tariffs which, in the last 8 years, showed an accumulated increase of 103.38% in the state of Paraná, following the national increase trend. The investment made, compared to savings, CDB, LCA and Terouso Direto, also proved to be more attractive, providing a greater financial return over time.

**Keywords:** solar; energy; photovoltaic; microgeneration; viability;

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 -</b>	Matriz Energética Mundial.....	21
<b>Figura 2 -</b>	Matriz Energética Brasileira .....	22
<b>Figura 3 -</b>	Consumo de energia comparando fontes renováveis com não renováveis .....	22
<b>Figura 4 -</b>	Comparação entre Matriz Elétrica Mundial e a Nacional .....	23
<b>Figura 5 -</b>	Unidades Consumidoras com Painéis FV no Brasil .....	26
<b>Figura 6 -</b>	Sistema de Compensação de Energia elétrica .....	28
<b>Figura 7 -</b>	Solicitação de Acesso Padrão Copel .....	28
<b>Figura 8 -</b>	Solicitação de Acesso da Sulfiltros .....	30
<b>Figura 9 -</b>	Valor Presente Líquido x Taxa Interna de Retorno .....	34
<b>Figura 10-</b>	Fatura de Energia de abril de 2022 da Sulfiltros .....	38
<b>Figura 11-</b>	Representação esquemática de uma entrada de energia padrão Copel.....	42
<b>Figura 12-</b>	Caixas de Entrada de Energia da Sulfiltros.....	43
<b>Figura 13-</b>	Resumo do dimensionamento do sistema .....	45
<b>Figura 14-</b>	Foto das placas instaladas na Sultech.....	45
<b>Figura 15-</b>	Irradiação solar média mensal, em Kwh/m <sup>2</sup> .dia .....	46
<b>Figura 16-</b>	Diagrama de Blocos da Ligação do SFV .....	48
<b>Figura 17-</b>	Projeção dos Módulos no Telhado da Sulfiltros .....	49
<b>Figura 18-</b>	Consumo de Energia da Empresa de maio de 2019 a abril de 2020 .....	50
<b>Figura 19-</b>	Consumo (kWh) x Tarifa (R\$) no ano anterior a instalação do SFV .....	51
<b>Figura 20-</b>	Reajuste das Tarifas desde 2014 no Paraná .....	52
<b>Figura 21-</b>	Exemplo de evolução da tarifa de energia nos últimos 8 anos .....	52
<b>Figura 22-</b>	Evolução do aumento da tarifa desde 2014.....	53
<b>Figura 23-</b>	Reajuste da Tarifa de Energia x Inflação .....	53
<b>Figura 24-</b>	Consumo de Energia da Empresa de maio de 2020 a abril de 2021 (um ano após a instalação do SFV).....	54
<b>Figura 25-</b>	Consumo um ano antes e um ano após a instalação do SFV .....	55
<b>Figura 26-</b>	Energia Injetada x Energia Autoconsumida .....	56
<b>Figura 27-</b>	Valor presente líquido e payback descontado a uma TMA de 5%....	59

<b>Figura 28-</b>	Valor presente líquido e payback descontado a uma TMA de 10% .....	60
<b>Figura 29-</b>	Demonstrativo dos valores utilizados para cálculo do VPL .....	61
<b>Figura 30-</b>	TIR de 20% com VPL atingindo o valor nulo .....	62
<b>Figura 31-</b>	Demonstrativo dos valores utilizados para encontrar a TIR .....	63
<b>Figura 32-</b>	Payback simples com TMA de 5% e TIR de 0% .....	64
<b>Figura 33-</b>	Rendimento anual da poupança nos últimos 10 anos no Brasil .....	66
<b>Figura 34-</b>	Projeção da evolução da tarifa ao longo de 25 anos considerando aumento médio de 9,4% ao ano .....	68
<b>Figura 35-</b>	Projeção das faturas futuras a pagar trazidas para valor presente ...	69
<b>Figura 36-</b>	Projeção de aumento das tarifas em 25 anos .....	70
<b>Figura 37-</b>	Valor considerando a unidade sem o SFV e com o SFV .....	70
<b>Figura 38-</b>	Rendimentos das aplicações CDB, LCA, Tesouro Direto e Poupança .....	71
<b>Figura 39-</b>	Valores analisados para a definição da viabilidade do investimento .....	72
<b>Figura 40-</b>	Redução do valor do kWh a partir da Lei 14300 .....	75
<b>Figura 41-</b>	Valor pago referente ao fio B a partir de 2023 .....	75
<b>Figura 42-</b>	Antes e Depois da Lei 14.300 .....	76

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UEL	Universidade Estadual de Londrina
GFV	Geração Fotovoltaica
GD	Geração Distribuída
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
KWh	Unidade de medida de consumo de energia (Kilo Watt hora)
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
GEE	Gases de efeito estufa
GHG	Greenhouse Gases
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
PFV	Painel Fotovoltaico
GDFV	Geração Distribuída Fotovoltaica
PRODIST	Procedimento de Distribuição
ISO	Internacional Organization for Standardization
IPCC	Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas
SFV	Sistema Fotovoltaico
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas
BE	Balanco Energético Nacional
GRID	Rede
ON GRID	Conectado à Rede

OFF GRID	Desconectado da Rede
MME	Ministério das Minas e Energia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
SIN	Sistema Interligado Nacional
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
IEA	Agência Internacional de Energia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
FGV	Fundação Getúlio Vargas
OGU	Orçamento Geral da União
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NAMAS	Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas
PNMC	Política Nacional das Mudanças Climáticas
MBRE	Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
ONS	Operador Nacional do Sistema
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar
ONU	Organização das Nações Unidas
ODS	Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável
kW	Kilo Watts (demanda de energia elétrica)
AIR	Avaliação de Impacto da Resolução
PAYBACK	Payback

VPL	Valor Presente Líquido
PEW	Projeto Elétrico Web
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
UC	Unidade Consumidora

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	18
2.1	OBJETIVO GERAL .....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
3.1	REVISÃO DO ESTADO DA ARTE .....	19
3.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA TÉCNICA .....	19
3.3	A ENERGIA NO BRASIL E NO MUNDO .....	20
3.3.1	Matriz Energética no Mundo .....	20
3.3.2	Matriz Energética no Brasil .....	21
3.3.3	Matriz Elétrica Nacional .....	23
3.4	RESOLUÇÕES NORMATIVAS RELATIVAS A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL ...	24
3.4.1	Resolução Normativa Aneel 482/2022, de abril de 2012 .....	24
3.4.2	Resolução Normativa Aneel nº 687, de novembro de 2015 .....	26
3.4.3	Geração Distribuída .....	27
3.5	REQUISITOS PARA A CONEXÃO DE MICROGERADOR AO SISTEMA ELÉTRICO DA DISTRIBUIDORA .....	28
3.6	TÉCNICAS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS .....	31
3.6.1	VPL – Valor Presente Líquido .....	32
3.6.2	TIR – Taxa Interna de Retorno .....	33
3.6.3	Payback (Retorno de Investimento) .....	35
3.6.4	Investimento em Poupança .....	36
3.7	ENERGIA SOLAR .....	36
3.8	MICROGERAÇÃO SOLAR DE ENERGIA .....	37
3.9	CONSUMIDORES DE ENERGIA DO GRUPO B .....	37
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	40
4.1	ESTUDO DE CASO .....	42
4.2	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico .....	42
4.3	Histórico de Consumo da Unidade .....	50

<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	42
5.1	Análise Técnica Econômica da Implantação .....	57
5.1.1	Valor presente líquido (VPL).....	58
5.1.2	Taxa interna de retorno (TIR) .....	61
5.1.3	Payback.....	63
5.1.4	Poupança .....	65
5.1.5	Outras aplicações .....	71
5.2	ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS.....	72
5.3	LEI 14.300 DE JANEIRO DE 2022 E REN 1059 DE FEVEREIRO DE 2023 .....	73
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	77
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	79

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria desempenha um papel essencial no desenvolvimento socioeconômico de um país, contudo, é também uma atividade que apresenta as maiores unidades consumidoras de energia elétrica. A crescente conscientização sobre as mudanças climáticas e a necessidade de cumprir metas ambientais têm impulsionado este setor a buscar alternativas energéticas mais eficientes. Nesse contexto, a energia solar surge como uma opção atraente, apresentando benefícios não apenas ambientais como também econômicos.

Apesar do Brasil possuir uma matriz hidráulica considerável, ainda possuímos uma das tarifas de energia elétrica mais caras do mundo, inclusive para a indústria, superando o custo de países como a França, Canadá, Turquia, México e Estados Unidos, onerando o processo fabril, levando o responsável pela empresa a buscar alternativas para compensar esse custo (CNI, 2021).

A tarifa de energia elétrica é o preço cobrado por unidade de energia, em reais por quilowatts-hora (R\$/kWh), onde o preço é formado pelos custos de geração, transmissão e distribuição da energia até seu ponto de entrega ao consumidor final. O consumidor paga pelo consumo de energia elétrica e pela sua disponibilidade, 30 dias por mês. É a chamada taxa mínima (ABRADEE, 2023).

Esse aspecto tem direta relação com a composição da tarifa de energia, onde 53,5% do custo está relacionado a Parcela A referente ao custo de compra da energia elétrica (ANEEL, 2021). Esse custo tem direta relação com a matriz energética e seu custo de produção. No caso de predominância da matriz hidráulica, em momentos de estiagem, os custos de produção aumentam em função da necessidade de despacho das usinas térmicas.

Essa situação pôde ser sentida em 2021, quando o Brasil passou por um momento de estiagem que durou até meados de 2022. Uma sondagem industrial realizada no final de 2021 pela Confederação Nacional das Indústrias e pela Federação das Indústrias, mostra que o terceiro trimestre de 2021 foi marcado por uma forte pressão nos custos industriais, afetando a retomada da economia de forma mais sustentada. Entre estes custos se encontra os custos da energia elétrica (FIEP, 2022).

De forma complementar, em pesquisa realizada pela FIEP (Gil, 2023), os custos industriais aumentaram na comparação de 2022 com 2021, com aumento de

10,7%, taxa acumulada em quatro trimestres, com impacto nos custos da energia elétrica.

Isso posto, torna-se importante que haja maior diversificação da nossa matriz, tendo a geração solar como uma das alternativas, já que a mesma se caracteriza como renovável, fonte inesgotável e com poucos impactos negativos ao meio ambiente (Copel Mercado Livre, 2022).

Nesse sentido o Brasil apresenta uma vantagem natural grande para a diversificação da matriz a partir da geração fotovoltaica, com clima favorável em relação ao seu potencial solar. De forma mais prática, a geração distribuída no ponto de consumo a partir de painéis fotovoltaicos instalados em empresas, mostra-se como uma opção para a rápida expansão desse tipo de geração, sendo uma das bases de planejamento energético da ANEEL para o próximos anos, contribuindo fortemente para o aumento esperado da matriz energética solar de 2,4% para 3,5% em 2025 (ONS, 2021).

Complementarmente, os estímulos à geração distribuída se justificam pelos benefícios que a modalidade proporciona ao sistema elétrico, como a redução da emissão de gases de efeito estufa, adiamento de investimentos em expansão dos sistemas elétricos e reduzido impacto ambiental, minimização das perdas técnicas e a diversificação da matriz energética nacional (ANEEL, 2012).

Com base nisso, a REN nº 482 (ANEEL, 2012) estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, onde os sistemas de geração de energia elétrica fotovoltaicos passaram a ser um opção interessante para aplicações conectadas à rede elétrica pública, escoando sua energia excedente através de sua entrada de energia.

A resolução trouxe um aumento na inserção das fontes fotovoltaicas com o intuito de redução de valores a serem pagos pelos consumidores. Em números, o Brasil foi o 4º país que mais acrescentou capacidade solar fotovoltaica no ano de 2021 em comparação com o resto do mundo, com instalação de novos 5,7 GW (Giga Watts) de potência, de acordo com a Aneel e a Agência Internacional de Energias Renováveis (Irena) (ABSOLAR, 2023).

No estado do Paraná somente em 2021, 14.844 unidades consumidoras em 385 municípios paranaenses instalaram sistema fotovoltaico de geração de energia, distribuindo seus créditos excedentes em kWh a outras 20.744 unidades consumidoras, é o chamado auto consumo remoto. Destas unidades 636 possuem

atividade industrial (ANEEL, 2021).

Com esse crescimento expressivo surgem questionamentos a respeito da real viabilidade econômico-financeira da implantação em larga escala desse tipo de geração distribuída. Em maior nível de interesse, entender se há real retorno financeiro no setor industrial que possibilite auxiliar no processo decisório do investimento pela empresa.

Neste contexto a pesquisa se propôs a investigar a viabilidade técnica-econômica do uso de um sistema fotovoltaico (SFV) na modalidade de geração distribuída (GD), sua contribuição para uma unidade consumidora tarifada no grupo B, atendida em baixa tensão, com capacidade de 200 A de corrente elétrica, equivalente a 75 kW de carga elétrica. A empresa se localiza em Rolândia, Paraná, na Av Itamaraty, nº 1600, Parque Industrial Cafezal e produz máquinas filtrantes para óleo diesel para o mercado nacional e mercosul.

O estudo de caso realizado pôde contribuir com informações técnicas e comerciais necessárias para ajudar na tomada de decisões das empresas que desejam gerar sua própria energia, analisando a viabilidade técnica-econômica em um estudo de caso de um SFV, utilizando módulos solares e inversor de frequência, na modalidade de micro geração conforme REN nº 482 de 2012 (ANEEL, 2012) com vida útil considerada de 25 anos.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar análise técnica econômica da instalação de um sistema fotovoltaico de microgeração de energia elétrica em uma unidade consumidora.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o investimento do sistema solar de geração de energia elétrica realizado pela empresa Sulfiltros localizada na cidade de Rolândia, Paraná, atendida com uma entrada de energia de 200 A de corrente elétrica, em baixa tensão trifásica 220V, opção tarifária do grupo B e atividade industrial;
- Analisar a viabilidade técnica-econômica dessa implantação ao longo de sua vida útil estimada em 25 anos;
- Comparar esse investimento em energia solar com a aplicação em poupança, o mais tradicional entre os brasileiros, e também as aplicações CDB, LCA e Tesouro Direto;
- Avaliar o Payback Simples e Descontado, Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno dessa implantação, considerando os custos distribuídos ao longo do ciclo de vida do projeto, que é de 25 anos.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 REVISÃO DO ESTADO DA ARTE

Diversas empresas buscam reduzir custos, e umas das formas de atingir esse objetivo é investindo em SFV. Tendo em vista a dificuldade em planejar investimentos nessa área, administradores e empreendedores buscam cada vez mais estudar técnicas de análise para viabilizar projetos dessa natureza.

O objetivo desse tópico é revisar trabalhos já publicados com assuntos correlatos a pesquisa referente a viabilidade técnica financeira da implantação da energia solar em uma unidade consumidora, fornecendo uma visão geral do conhecimento atual sobre o assunto proposto identificando as principais tendências.

#### 3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA TÉCNICA

De acordo com Souza e Penha (2020), durante o desenvolvimento de estudo de viabilidade econômica de um projeto fotovoltaico, constataram que o investimento inicial de R\$ 51.200,00 reais se apresentou viável, com payback positivo em 4 anos, TIR de 30% e VPL positivo de R\$ 332.000,00 em 15 anos. Constataram também que a maior dificuldade encontrada pelo cliente pesquisado foi o alto valor inicial de investimento. Foi utilizada a TMA de 5%, a mesma utilizada na análise da Sulfiltros.

Segundo Santos, Souza e Dalfior (2016), uma unidade residencial, com baixo consumo, cerca de 138 kWh/mês, na média, e com investimento inicial de R\$ 10.841,00, mesmo apesar do fluxo de caixa ter sido positivo, o retorno do investimento ocorreria apenas no décimo segundo ano, portanto o projeto tornou-se inviável por não atingir valores estipulados como o VPL (Valor Presente Líquido) positivo e a TIR (Taxa Interna de Retorno) ficou abaixo da TMA de 7,39%, adotada no início do projeto.

Um estudo realizado em uma unidade hoteleira em Tapes, RS, na concessionária CEEE, com custo inicial de investimento de R\$ 144.000,00 reais, gerando 4.000 kWh/mês, apresentou payback positivo em 4 anos e 7 meses, TIR de 12,64%, maior que a TMA de 10% (Abel *et al.*, 2019).

De acordo com Franco (2021), que analisou o cenário de participação de energias renováveis nas indústrias, indicou que SFV são viáveis nas quatro unidades estudadas por ele, mostrando que a área interna disponível nas empresas é fator

primordial para o posicionamento das placas.

O estudo realizado por Silva (2018), de uma minigeração solar de energia no Centro de Intendência da Marinha em Natal (RN), mostrou que na Base Naval, onde há abundância de energia solar, a potência de 165 kWp orçada em R\$ 1 milhão de reais, apresentou TIR de 9,4%, maior que a TMA considerada no projeto. O fluxo de caixa e o VPL também apresentaram valores positivos, com retorno de investimento entre 12 e 13 anos.

Analisando todas essas pesquisas e comparando com a desenvolvida nessa dissertação onde foram utilizados dados reais da unidade, constatamos que não há um consenso de que todos os investimentos em energia solar resultam em VPL's positivos, demonstrando que cada caso é um caso, reforçando a necessidade de se analisar técnicas financeiras antes da realização de novos investimentos, conforme apresentaremos com mais propriedade nessa dissertação.

### 3.3 A ENERGIA NO BRASIL E NO MUNDO

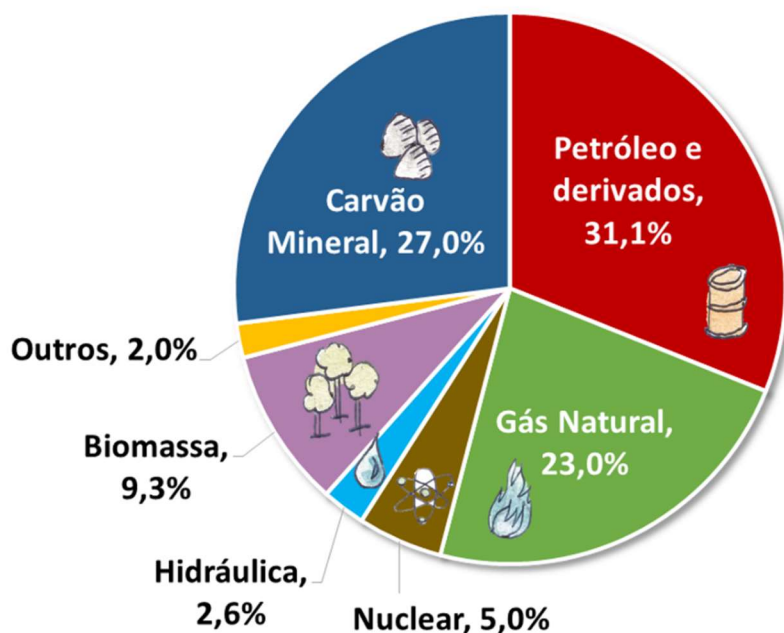
Para apresentar dados da energia no Brasil e no mundo, faz-se necessário entender o significado da matriz energética e da matriz elétrica.

- **Matriz energética** é toda energia disponibilizada para ser transformada, distribuída e consumida nos processos produtivos. É a representação quantitativa da oferta de energia e da quantidade de recursos energéticos oferecidos por um país ou por uma região. É uma representação quantitativa de todos os recursos energéticos disponíveis para serem utilizados nos diversos processos produtivos de um país, conhecida também como Total Primary Energy Supply ou Oferta Total de Energia Primária (EPE, 2022).
- **Matriz elétrica** é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica, sendo necessária para ligar equipamentos elétricos, motores, aquecedores, entre tantas outras coisas (EPE, 2022).

#### 3.3.1 Matriz Energética no Mundo

A figura 1 ilustra a porcentagem das fontes da matriz energética no mundo, que é constituída, em sua maioria, por fontes não renováveis, como carvão, petróleo e gás natural, todas fontes finitas.

**Figura 1 – Matriz Energética Mundial**



Fonte: EPE (2022).

Como pode ser visto, os energéticos de origem fóssil como petróleo, carvão e gás natural, atualmente predominam na matriz energética global e são grandes emissores de GEE. Portanto, a transição energética mundial urge pelo aumento da participação das renováveis, redução do uso do carvão e utilização do gás natural como combustível de transição por se tratar de um combustível fóssil menos poluente e importante para a segurança energética.

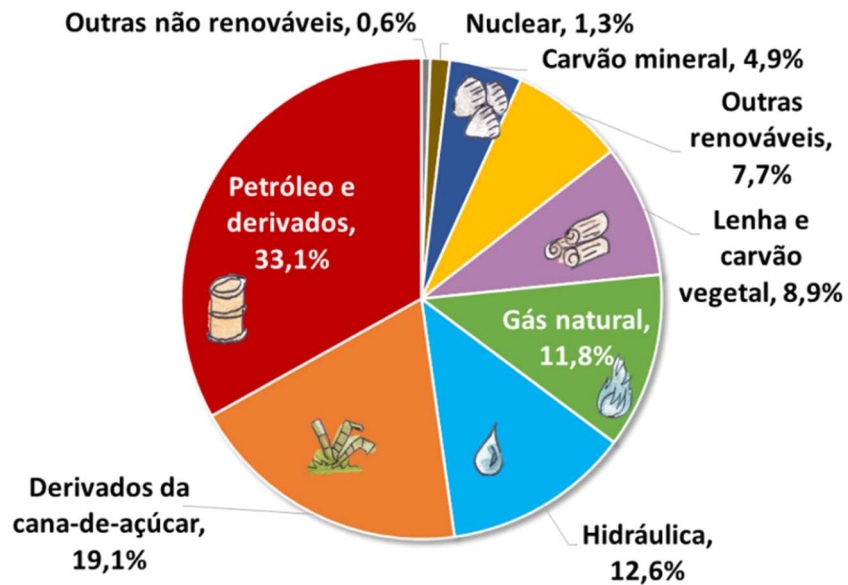
Especialistas no setor estimam que o petróleo continuará a dominar a matriz energética mundial até cerca do ano 2060, porém com a evolução da energia solar juntamente com a eólica essa data tende a ser antecipada (EPE, 2022).

### 3.3.2 Matriz Energética no Brasil

Para o Brasil a situação é diferente, como pode ser visto na figura 2. Apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o de renováveis, usamos mais fontes renováveis que no resto do mundo.

Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, nossas renováveis totalizam 48,3%, quase metade da nossa matriz energética.

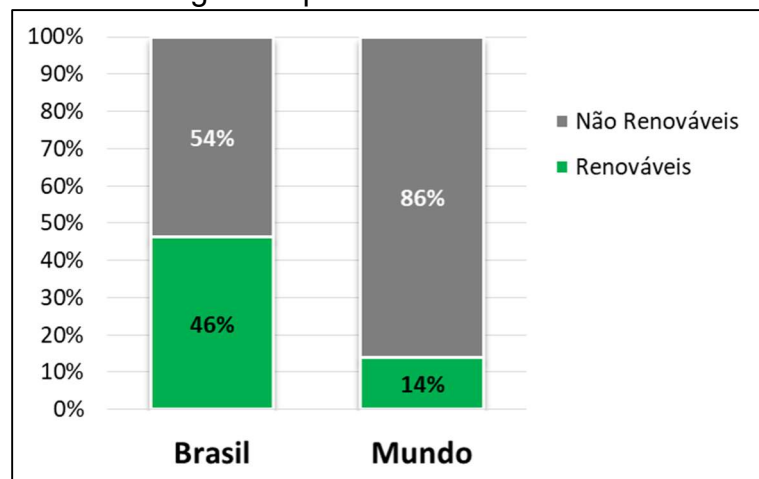
**Figura 2 – Matriz Energética Brasileira**



Fonte: EPE (2022).

Na figura 3 temos um gráfico comparando o consumo de energia proveniente de fontes renováveis e de não renováveis no Brasil e no mundo fechado para o ano de 2019. Nossa matriz é mais renovável que a do resto do mundo, emitindo menos gases do efeito estufa.

**Figura 3 – Consumo de energia comparando fontes renováveis com não renováveis**



Fonte: EPE (2022).

### 3.3.3 Matriz Elétrica Nacional

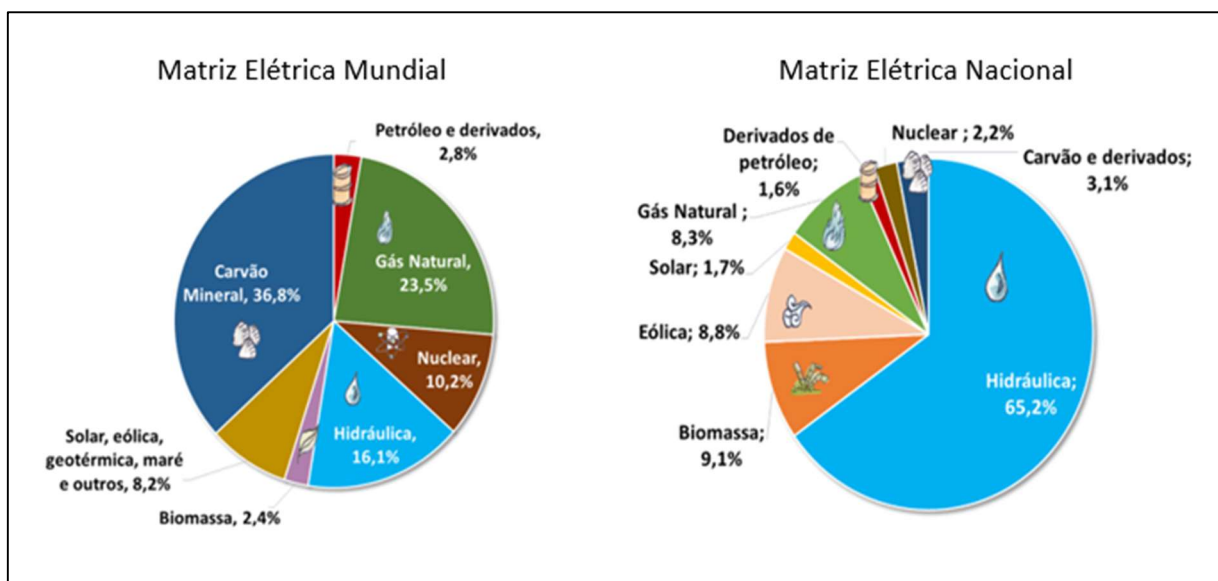
O Brasil possui 83% de sua matriz elétrica originada de fontes renováveis, valor que, conforme pode ser visto no gráfico 4, supera a média mundial. A participação é liderada pela hidrelétrica (63,8%), depois eólica (9,3%), biomassa e biogás (8,9%) e solar centralizada (1,4%).

Torna-se prudente utilizar todo o potencial de fontes renováveis disponíveis, não só pelo aspecto tecnológico e ambientalmente sustentável, mas também pelas questões socioeconômicas, com a geração de emprego e renda para a nossa população (Brasil, 2020).

Além desses pontos, é importante considerar que o consumo anual de energia elétrica no Brasil é de 555 TWh (Terawatt-hora), com crescimento médio, nos últimos dez anos, de 4% ao ano. Com esse nível de demanda, se faz necessário realizar investimentos para garantir a oferta, sendo a ampliação da geração distribuída uma boa solução, considerando que depois do apagão de 2001, a segurança energética virou um dos assuntos mais urgentes para o desenvolvimento do país (FGV, 2022).

A figura 4 abaixo mostra um comparativo entre as matrizes elétricas mundial e brasileira.

**Figura 4 – Comparação entre Matriz Elétrica Mundial e a Nacional**



Fonte: EPE (2022).

### 3.4 RESOLUÇÕES NORMATIVAS RELATIVAS A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

Resolução Normativa é um documento de organização e ordenamento administrativo interno destinado a estabelecer diretrizes, normatizar métodos e procedimentos, bem como regulamentar matéria específica anteriormente disciplinada a fim de orientar os dirigentes e servidores no desempenho de suas atribuições.

No caso das resoluções da Aneel, elas se destinam a disciplinar assuntos do interesse interno do setor elétrico brasileiro. São importantes pois apresentam regulamentos que definem de maneira objetiva as responsabilidades das concessionárias de energia e os procedimentos a serem seguidos pelos consumidores para que o acesso universal ao serviço de energia elétrica esteja disponível com qualidade e eficiência.

No âmbito da geração distribuída, destacam-se

- a) Resolução Normativa 482;
- b) Resolução Normativa 687;

#### 3.4.1 Resolução Normativa Aneel nº 482, de abril de 2012

De acordo com a ANEEL (2012), a REN nº 482 orienta quantos aos critérios de acesso por parte dos consumidores de energia a sistemas de microgeração, podendo compensá-la na rede de distribuição da concessionária, onde desde abril de 2012 passou a ser permitido o acesso de microgeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (redes elétricas das concessionárias de energia).

A REN Aneel nº 482 exige que a fonte seja renovável onde o excedente pode ser devolvido a rede da distribuidora, uma inovação que pode aliar economia financeira, socioambiental e autosustentabilidade, se tornando num marco regulatório que permitiu aos consumidores realizar a troca da energia gerada com a da rede elétrica da distribuidora.

A geração de energia perto do local de consumo traz redução dos gastos, economia dos investimentos em transmissão, redução das perdas nas redes e melhoria da qualidade do serviço de energia elétrica.

A REN Aneel 482/2012 da Aneel trás alguns pontos importantes, demonstrados abaixo com alguns trechos da resolução, onde os principais são:

Do Art 2:

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; [...]

[...] carga instalada é a somatório de todas as potências de todos os equipamentos que uma unidade consumidora possui, exemplo, se eu tenho 10 lâmpadas de 100 Watts de potência cada, minha carga instalada será de 1000 Watts de potência. [...]

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 [...]

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. [...]

Art 6º: Podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora: [...]

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses. [...]

Art. 8º - A distribuidora é responsável técnica e financeiramente pelo sistema de medição para microgeração distribuída [...]

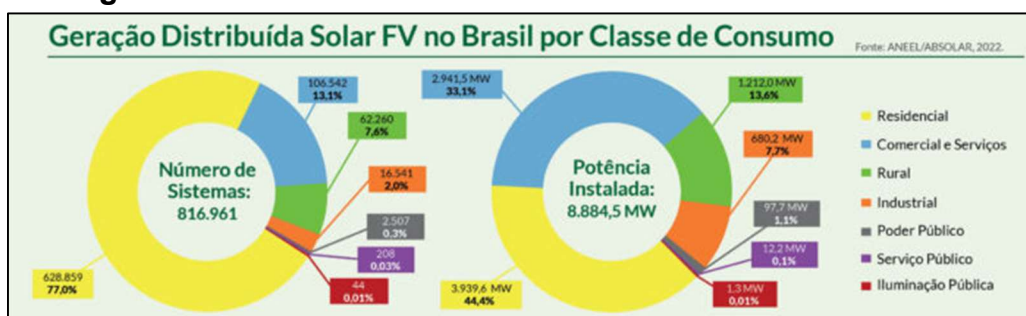
§1º Os custos de adequação do sistema de medição para a conexão de minigeração distribuída e de geração compartilhada são de responsabilidade do interessado (ANEEL, 2012).

A Geração Distribuída é a energia elétrica gerada junto às instalações de consumidores, como os painéis fotovoltaicos em telhados que geram energia a partir da luz solar.

Esse tipo de geração tem evoluído nos últimos anos. O crescimento foi de 316% nos últimos dois anos, chegando a 8.550 MW ao final de 2021, representando cerca de 5% de toda a capacidade instalada atual de geração de energia elétrica do país (ANEEL, 2021).

O Brasil possui quase 817 mil unidades consumidoras de energia gerando sua própria energia, com painéis fotovoltaicos, com dados atualizados em fevereiro de 2022 (ABSOLAR, 2023).

**Figura 5 – Unidades Consumidoras com Painéis FV no Brasil**



Fonte: ABSOLAR (2023).

### 3.4.2 Resolução Normativa Aneel nº 687, de novembro de 2015

A REN Aneel nº 687 de 2015 reduziu o tempo de concessão do acesso através da padronização dos formulários de solicitação, orientando as distribuidoras a seguirem um padrão. De 2015 até 2019 o tempo médio para acesso caiu de 180 para 51 dias (ANEEL, 2015).

Abaixo seguem alguns trechos coletados da REN Aneel nº 687.

Seu Art. 1º visa Alterar o art. 2º da REN Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, que passa a vigorar com a seguinte redação:

Do seu Art 2º temos:

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;

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;

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 (ANEEL, 2012).

Das alterações proporcionadas pela RENo nº 687 sob a REN nº 482 podemos citar como destaque:

- o aumento do tempo para uso dos créditos, de 36 para 60 meses;
- o tempo (período) para a aprovação do SFV junto à concessionária alterou de 82 para 34 dias;
- a potência limite para microgeração passou de 100 kW para 75 kW;
- a potência limite para minigeração que era de 100 kW a 1 MW passou para de 75 kW a 5 MW;

### 3.4.3 Geração Distribuída

Conforme as regras estabelecidas pela REN ANEEL nº 482/2012, modificada pelas REN ANEEL nº 687/2015, é permitido aos consumidores instalar geradores de pequeno porte em suas unidades consumidoras e utilizar o sistema elétrico da Concessionária de energia elétrica para injetar o excedente de energia, que será convertido em crédito de energia válido por 60 meses.

Estes créditos poderão ser utilizados para abater do consumo da própria unidade consumidora nos meses seguintes ou de outras unidades consumidoras que precisam estar previamente cadastradas para esse fim e atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, possuidor do mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.

Outra forma para adicionar unidades consumidoras para o abatimento do consumo é através de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou geração compartilhada.

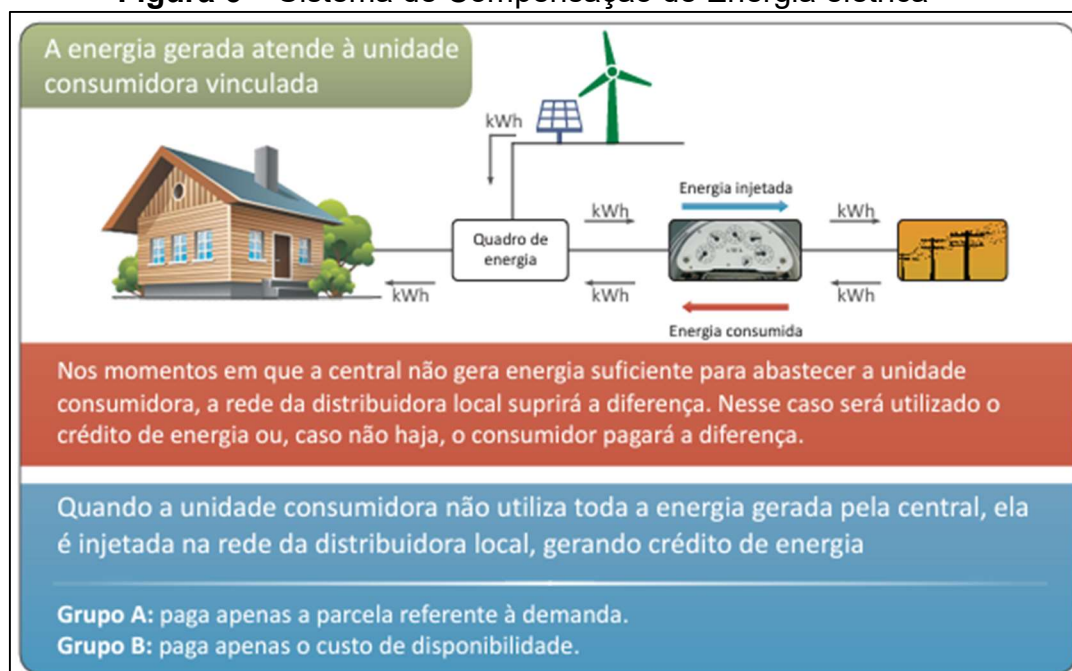
Segue abaixo o conceito de autoconsumo remoto:

- **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.

Importante ressaltar que, para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico).

**Figura 6** – Sistema de Compensação de Energia elétrica



Fonte: ANEEL (2016).

### 3.5 REQUISITOS PARA A CONEXÃO DE MICROGERADOR AO SISTEMA ELÉTRICO DA DISTRIBUIDORA

O cliente que deseja instalar um sistema de micro geração de energia deve formalizar seu interesse junto a concessionária distribuidora de energia da sua região. No caso da Sulfiltros localizada em Rolândia, norte do Paraná, a concessionária é a Copel Distribuição S/A.

A formalização ocorre através de uma solicitação de acesso, onde a potência de geração está limitada a potência disponibilizada em sua entrada de energia.

A solicitação de acesso deverá ser enviada através do PEW (Projeto Elétrico Web), anexando nos campos específicos os documentos listados no respectivo formulário de solicitação de acesso, conforme potência instalada de geração.

Recomenda-se a contratação de profissionais qualificados para o projeto e a instalação da central geradora, bem como a aquisição de materiais e equipamentos

certificados.

Para elaboração do Pedido de Solicitação de Acesso foi consultada a Norma Técnica da Copel (NTC) 905200, que trata sobre o assunto do Acesso de Micro e Minigeração Distribuída.

Abaixo segue o modelo padrão da Solicitação de Acesso

**Figura 7 – Solicitação de Acesso Padrão Copel**

FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA SUPERIOR A 10kW		
<b>1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC</b>		
Código da UC:	Classe:	
Titular da UC:		
Rua/Av.:	Nº:	CEP:
Bairro:	Cidade:	
E-mail:		
Telefone: ( )	Celular: ( )	
CNPJ/CPF:		
<b>2 - Dados da Unidade Consumidora</b>		
Potência instalada (kW):	Tensão de atendimento (V):	
Tipo de conexão:	<input type="checkbox"/> monofásica	<input type="checkbox"/> bifásica <input type="checkbox"/> trifásica
Tipo de ramal:	<input type="checkbox"/> aéreo	<input type="checkbox"/> subterrâneo
<b>3 - Dados da Geração</b>		
Potência instalada de geração (kW):		
Tipo da Fonte de Geração:		
<input type="checkbox"/> Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada		
Outra (especificar):		
<b>4 - Documentação a Ser Anexada</b>		
<input type="checkbox"/> 1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração		
<input type="checkbox"/> 2. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo		
<input type="checkbox"/> 3. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção		
<input type="checkbox"/> 4. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) Inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.		
<input type="checkbox"/> 5. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br">www.aneel.gov.br</a>		
<input type="checkbox"/> 6. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012		
<input type="checkbox"/> 7. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver)		
<input type="checkbox"/> 8. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver)		
<b>5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)</b>		
Responsável/Área:		
Endereço:		
Telefone:		
E-mail:		
<b>Solicitante</b>		
Nome/Procurador Legal:		
Telefone:		
E-mail:		
Local	Data	Assinatura do Responsável

Fonte: COPEL (2022b).

A solicitação de acesso enviada pelo cliente a Copel segue preenchida abaixo

**Figura 8 – Solicitação de Acesso da Sulfiltros**

FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA SUPERIOR A 10kW		
<b>1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC</b>		
Código da UC: 45743231	Classe: B1 - Convencional	
Titular da UC: FERNANDO GARCIA DOS SANTOS		
Rua/Av.: AV. ITAMARATY	Nº: 1600	CEP: 89000-100
Bairro: ALTO DA BOA VISTA	Cidade: ROLÂNDIA	
E-mail: fernando@sulfiltros.com		
Telefone: ( )	Celular: ( 43 ) 99978-2276	
CNPJ/CPF: 061.451.289-08		
<b>2 - Dados da Unidade Consumidora</b>		
Potência instalada (kW): 75	Tensão de atendimento (V): 220	
Tipo de conexão: <input type="checkbox"/> monofásica <input type="checkbox"/> bifásica <input checked="" type="checkbox"/> trifásica		
Tipo de ramal: <input checked="" type="checkbox"/> aéreo <input type="checkbox"/> subterrâneo		
<b>3 - Dados da Geração</b>		
Potência instalada de geração (kW): 40 kW		
Tipo da Fonte de Geração:		
<input type="checkbox"/> Hidráulica <input checked="" type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada		
Outra (especificar):		
<b>4 - Documentação a Ser Anexada</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> 1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração		
<input type="checkbox"/> 2. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo		
<input checked="" type="checkbox"/> 3. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção		
<input checked="" type="checkbox"/> 4. Certificado de conformidade do(s) Inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.		
<input type="checkbox"/> 5. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/ccs">www.aneel.gov.br/ccs</a>		
<input type="checkbox"/> 6. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI e VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012		
<input type="checkbox"/> 7. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver)		
<input type="checkbox"/> 8. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver)		
<b>5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)</b>		
Responsável/Área:		
Endereço:		
Telefone:		
E-mail:		
<b>Solicitante</b>		
Nome/Procurador Legal: Fernando Garcia dos Santos		
Telefone: (43) 99927-4036		
E-mail: fernando@sulfiltros.com		
Rolândia - Pr	20	02
Local	Data	Assinatura do Responsável

Fonte: Sulfiltros (2022).

O Parecer de Acesso é o documento elaborado pela distribuidora em resposta à Solicitação de Acesso, onde são informadas as condições de acesso e os requisitos técnicos para a conexão das instalações de micro geração à rede elétrica (COPEL, 2022b).

O prazo para a emissão do Parecer de Acesso pela Copel foi de 15 dias para microgeração, que é o caso da Sulfiltros, após o recebimento da Solicitação de Acesso contendo toda a documentação prevista nesta norma (COPEL, 2022).

Além da parte burocrática de documentação, envio de formulários e obras necessárias, houve a vistoria em campo, onde o acessante solicitou vistoria à Copel em até 120 (cento e vinte) dias após a emissão do parecer de acesso, que será realizada pela Copel em até 7 (sete) dias contados da data da solicitação formal.

Caso sejam detectadas pendências nas instalações da unidade consumidora com microgeração distribuída que impeçam sua conexão (o que é comum acontecer), a concessionária encaminhará ao interessado, por escrito, em até 5 (cinco) dias, o

relatório contendo os respectivos motivos e uma relação com as providências necessárias.

Caso seja aprovada a vistoria, o medidor convencional será substituído por um novo, com tecnologia bidirecional, que medirá tanto a energia consumida quanto a energia injetada na rede. A consumida tem código 03 e a injetada (excedente) tem código 103 no medidor. Dessa forma conexão da microgeração ou minigeração distribuída estará concluída e o consumidor fará jus ao regime de compensação de energia elétrica.

### 3.6 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Trata-se de um conjunto de técnicas utilizadas por um investidor ou pessoa física / jurídica determinar se inserir recursos em determinado projeto vale a pena ou não. Isto deve ser feito sempre considerando os riscos de cada projeto e também o custo de capital próprio utilizado no projeto.

No entanto, para auxiliar os leigos e os menos capacitados, existem técnicas de viabilidade de investimento que podem auxiliar na avaliação das mais diferentes oportunidades do mercado, como o investimento em energia solar, por exemplo.

Segundo Lunelli (2022), a análise de investimentos envolve decisões de aplicação de recursos com prazos longos (maiores que um ano), com o objetivo de propiciar retorno adequado aos proprietários desse capital, para que o mesmo não invista em algo que lhe renderá um prejuízo, sendo necessário analisar se o projeto vai se pagar, se irá aumentar ou diminuir a riqueza do investidor e se a opção escolhida é a melhor alternativa.

Segundo Abreu Filho e Cury (2018), alguns conceitos são primordiais para o entendimento da técnica de investimentos, como taxa de juros, risco, lucro, expectativas inflacionárias, valor do dinheiro no tempo, retorno de investimento, entre outros.

Entre diversas técnicas disponíveis vamos abordar a TIR, VPL e o Payback, pois no estudo de caso será abordado uma geração de energia distribuída tipo solar.

Para entendermos o conceito dessas técnicas de investimento se faz necessário entender também o conceito do valor do dinheiro no tempo, que surge da relação entre juro e tempo, porque o dinheiro pode ser remunerado por uma certa taxa de juros num investimento, por um período de tempo, sendo importante o

reconhecimento de que uma unidade monetária recebida no futuro não tem o mesmo valor que uma unidade monetária disponível no presente.

Para que este conceito possa ser compreendido, torna-se necessário a eliminação da idéia de inflação. Para isso, supõe-se que a inflação tecnicamente atinge todos os preços da mesma forma, sendo, portanto, anulada no período considerado. Um real hoje tem mais valor do que um real no futuro, independentemente da inflação apurada no período.

Esta assertiva decorre de existir no presente a oportunidade de investimento deste real pelo prazo de, por exemplo, 2 anos, que renderá ao final deste período um juro, tendo, conseqüentemente, maior valor que este mesmo dólar ou real recebido daqui a 2 anos.

Conclui-se, pelo fato do dinheiro ter um valor no tempo, que a mesma quantia em reais, em diferentes épocas, tem outro valor, tão maior quanto a taxa de juros exceda zero. Por outro lado, pode-se dizer que este dinheiro varia no tempo em razão do poder de compra de um real ao longo dos anos, dependendo da inflação da economia, como será visto adiante (Abreu Filho; Cury, 2018).

### 3.6.1 VPL – Valor Presente Líquido

Trata-se de um indicador utilizado para analisar a viabilidade financeira de projetos de investimento, como um projeto em sistema de geração de energia solar, por exemplo. Ele é baseado no valor presente de recebimentos futuros que o projeto irá proporcionar.

Em outras palavras o que esse indicador faz é somar todos os rendimentos futuros que o projeto irá gerar, trazer para valores presentes para que seja possível tomar uma decisão sobre a viabilidade financeira do projeto.

Portanto o VPL juntamente com a TIR e a TMA são parâmetros utilizados na tomada de decisão para aceitar ou não um projeto.

O VPL de um fluxo de caixa pode ser calculado pela equação abaixo:

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{(Fct)}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Onde:

VPL= Valor Presente Líquido;

FC<sub>t</sub> = fluxo de caixa;

t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

i = taxa de desconto (ou taxa mínima de atratividade);

n = período de tempo;

Se o VPL encontrado for positivo significa que, a uma taxa de desconto anual de 10%, por exemplo, o valor presente de todos os fluxos de caixa futuros excedem o investimento que precisa ser feito, indicando que o investimento é viável, caso contrário o projeto é inviável economicamente.

### 3.6.2 TIR (Taxa Interna de Retorno)

O conceito da taxa interna de retorno diz respeito a um fator que vai auxiliar na análise da viabilidade econômica do investimento do SFV.

A TIR é a taxa para o qual o Valor Presente Líquido do projeto se torne zero (nulo) ao final de sua vida útil, indicando o retorno que a empresa que instalou o SFV terá com relação ao seu investimento.

É a taxa de retorno que iguala o fluxo de caixa das saídas aos das entrada. Com isso a TIR garante que o investimento estará dando um retorno do investimento positivo e, com a VPL sendo igual a zero dará a garantia de que todo o investimento inicial já foi pago.

O cálculo é feito somando cada entrada do fluxo de caixa menos o investimento inicial, igualando a fórmula a zero. A TIR é representada como uma incógnita na equação abaixo.

$$\sum_{i=1}^n \frac{FCi}{(1 + TIR)^i} - investimento\ inicial = 0 \quad (2)$$

Onde:

FCi = fluxos de caixa do período

i = período de cada investimento

N = período final do investimento

TIR = Taxa Interna de Retorno

Um projeto de investimento será considerado viável se sua TIR for maior do que o custo de oportunidade dos recursos para sua implantação. O custo de oportunidade também é conhecida com a taxa mínima de atratividade. Assim, quanto maior a TIR, maior a atratividade do projeto.

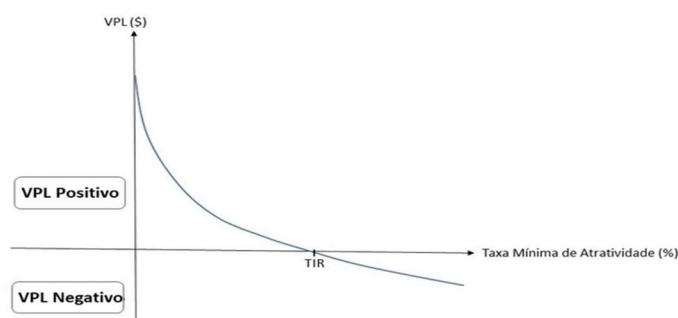
- TIR > TMA, o projeto deve ser aceito;
- TIR = TMA, é indiferente aceitar ou rejeitar projeto;
- TIR < TMA, o projeto deve ser rejeitado

A taxa mínima de atratividade (TMA) é um valor percentual que indica que o mínimo exigível para que um investimento seja feito e que o dinheiro seja aplicado.

A TIR pode ser usada em comparação a uma taxa de rentabilidade esperada conhecida pelo investidor, a sua Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Essa análise oferece uma ideia da viabilidade de um projeto de investimento (Pereira, 2022).

A figura 9 abaixo mostra a taxa TIR zerando ao final da vida útil do investimento, no caso 25 anos para sistemas fotovoltaicos.

**Figura 9** – Valor Presente Líquido x Taxa Interna de Retorno



Fonte: (Pereira, 2022).

Quanto maior a Taxa Mínima de Atratividade para realizar um investimento, menor é o seu retorno ou viabilidade, e vice-versa. Isso porque o VPL vai reduzindo conforme o "custo" dado pela TMA aumenta (Pereira, 2022).

A taxa mínima de atratividade (TMA) é um valor percentual que indica que o mínimo exigível para que um investimento seja feito e que o dinheiro seja aplicado.

Também pode ser vista como a taxa máxima a ser paga por um financiamento, onde geralmente se utiliza a taxa Selic como referência ou a porcentagem paga por alguma aplicação financeira, como por exemplo a poupança (Taxa, 2022).

### 3.6.3 Payback (Retorno de Investimento)

O tempo de Payback, também é conhecido como Período de Payback, é o tempo necessário para o projeto dar um retorno do investimento. É o tempo necessário para que o fluxo de caixa acumulado do projeto passe a ser positivo. É a somatória dos recebimentos futuros até que essa somatória pague (se iguale) ao investimento inicial, então no momento em que ocorre esse pagamento, ou seja, no momento em que esse fluxo de caixa acumulado passe a ser positivo, eu terei o meu tempo de payback.

Para calcular o tempo de payback é necessário calcular o fluxo de caixa acumulado ao longo dos períodos. Na sequência calcular o período em que o fluxo de caixa acumulado passa a ser positivo. É nesse momento que encontramos o tempo de retorno do investimento.

Quanto menor o tempo de payback melhor e mais atraente é o projeto.

O payback Simples calcula o acumulado do fluxo de caixa, somando ano a ano a partir do ano 0, e observar a partir de que momento o resultado se torna maior que zero, ou seja, o payback ocorre no ano em que o fluxo de caixa acumulado passa a ser positivo. Na prática o payback simples não é muito utilizado porque não leva em consideração uma taxa de juros para correção do dinheiro no tempo, ao contrário do payback descontado (Tempo, 2022).

O payback descontado é semelhante ao payback simples, mas com o adicional de usar uma taxa de desconto antes de se proceder à soma dos fluxos de caixa. Em geral esta taxa de desconto é a TMA (Taxa Mínima de Atratividade).

Neste método, todos os fluxos de caixa futuro deverão ser descontados por esta taxa em relação ao período ao qual o fluxo está atrelado. Por exemplo, se

desejássemos trazer a valor presente (VP) um fluxo de caixa que estivesse a 5 períodos futuros, isso seria possível (Prates, 2016).

#### 3.6.4 Investimento em Poupança

A aplicação em poupança é a mais tradicional e conservadora aplicação financeira utilizada pelos brasileiros a muitas décadas, pois o perfil da maioria da população possui o perfil de investidor conservador, que não gosta de correr grandes riscos em investimentos.

Ao poupar, você acumula valores financeiros no presente para serem utilizados no futuro. Os valores poupados no presente e investidos durante um, dois ou mais anos poderão fazer uma diferença significativa na qualidade de vida do poupador no futuro.

Vários os motivos para poupar: precaver-se diante de situações inesperadas, preparar para aposentar-se, entre outras (BCB, 2023b).

Em 2021 a poupança apresentou um rendimento acumulado no Brasil de cerca de 2,9861%. Em 2022, até outubro, o rendimento acumulado era de 6,4474%, um aumento de 53,68% (BCB, 2022).

### 3.7 ENERGIA SOLAR

Um sistema de geração de energia solar funciona convertendo a luz do sol em energia elétrica que pode ser usada para alimentar uma casa ou a empresa. O sistema é composto por vários componentes, incluindo painéis solares, inversores, cabos, entre outros.

Os painéis solares são a parte mais importante do sistema e são responsáveis por capturar a luz do sol e transformá-la em energia elétrica. Eles contêm células solares, que são feitas de material semicondutor como silício. Quando a luz do sol atinge as células, ela excita os elétrons e os faz fluir, criando corrente elétrica.

A corrente elétrica gerada pelos painéis solares é então enviada para o inversor, que é responsável por converter a corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada, que é o tipo de corrente utilizado em nossas casas e empresas.

Durante a noite ou em dias nublados, quando não há incidência solar, a fonte de energia será a concessionária local, pois não há armazenamento de energia em

baterias.

O sistema pode ser conectado à rede elétrica da concessionária local, o que permite que a energia gerada pelo sistema seja vendida de volta à rede quando houver excesso.

Em resumo, um sistema de geração de energia solar funciona capturando a luz do sol, convertendo-a em energia elétrica e, em seguida, armazenando-a ou utilizando-a diretamente.

### 3.8 MICROGERAÇÃO SOLAR DE ENERGIA

A microgeração de energia solar é todo ou qualquer sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede com potência instalada menor que 75 kWp conforme a REN n°482 do ano 2012 e REN n°687 do ano 2015 da ANEEL.

No Brasil a microgeração de energia solar ainda é um conceito relativamente recente. No ano 2012 foi aprovada a regulamentação da ANEEL, que no início apresentava diversos obstáculos que impediam o crescimento desta forma de gerar energia.

No ano 2015, os diversos obstáculos iniciais foram modificados e a microgeração de energia no Brasil começou a se desenvolver de maneira mais acentuada, sendo instalados no Brasil centenas de sistemas fotovoltaicos.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, a ABSOLAR (2023), os benefícios da geração solar são a sustentabilidade, eficiência, a economia com a conta de energia elétrica, a valorização do imóvel, a relativa simplicidade na instalação e a segurança ao consumidor de energia.

### 3.9 CONSUMIDORES DE ENERGIA DO GRUPO B

Trata-se de unidade consumidora com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia e subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) subgrupo B1 - residencial;
- b) subgrupo B2 - rural;
- c) subgrupo B3 - demais classes; e
- d) subgrupo B4 - Iluminação pública.

Ou seja, são pequenos consumidores que recebem energia em baixa tensão, como residências, lojas etc.


Segundo a ANEEL (2021), os consumidores com opção tarifária do grupo B é faturado somente pelo consumo, medido em kWh, e ao se tornarem microgeradores apresentam maior ganho pois o valor da energia é o mesmo nas 24h do dia, o que não acontece com consumidores do grupo A devido aos postos horários. No grupo B o consumidor paga uma parcela referente ao consumo em kWh/mês e no grupo A o consumidor paga uma parcela fixa sob a demanda contratada em kW (estrutura da rede) e uma parcela volumétrica sobre o consumo (kWh/mês).

Para entrar na Categoria do Optante Grupo B ele deverá verificar se a instalação se enquadra nos critérios abaixo, conforme determina a REN ANEEL nº 1000 da Aneel, como por exemplo ter carga instalada menor que 75 kW. Para tornar o limite entre os grupos mais adaptável para alguns consumidores, a regulamentação criou uma categoria, chamada “optante B”.

O consumidor atendido em baixa tensão automaticamente tem opção tarifária do grupo B (optante B). Isto quer dizer que o consumidor optante B paga pela eletricidade (R\$/kWh) e não pela demanda contratada.

A unidade consumidora do estudo de caso está enquadrada no grupo B, conforme informação constante na sua tarifa de energia de abril de 2022 mostrada na figura 10 abaixo:

**Figura 10 – Fatura de Energia de abril de 2022 da Sulfiltros**

		<small>Copel Distribuição S.A. José Izidoro Blazetto, 158 bl.C - Mossunguá - Curitiba PR - CEP 81200-240 CNPJ: 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4</small>				<small>www.copel.com 0800 51 00 116</small>																																																									
<b>FERNANDO GARCIA DOS SANTOS</b> AV ITAMARATY, 1600 ALTO DA BOA VISTA - ROLANDIA - PR - CEP: 86600-190 87428 01 018 484000 CPF 051.451.289-08				<b>Mês de referência</b> <b>Abril/2022</b>		<b>Unidade Consumidora</b> <b>45743231</b>																																																									
<small>Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município 39061112</small>				<b>Vencimento</b> <b>16/05/2022</b>		<b>VALOR A PAGAR</b> <b>R\$ 2.790,25</b>																																																									
<b>CENSO 2022. A PARTIR DE AGOSTO, ATENDA O RECENSEADOR DO IBGE.</b>																																																															
<b>Informações Técnicas</b>																																																															
<small>Nº Medidor: MD 0040620109 - TRIFASICO</small>																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><small>Indust./Metalurgia do Cobre</small></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><small>Medido</small></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><small>Constante de Multiplicação</small></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><small>Total Faturado</small></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><small>Consumo Médio Diário</small></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><small>Data de Emissão</small></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><small>Próxima Leitura Prevista</small></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><small>Leitura Anterior</small></td> <td style="text-align: center;"><small>Leitura Atual</small></td> <td style="text-align: center;"><small>28 dias</small></td> <td style="text-align: center;"><small>4200 kWh</small></td> <td style="text-align: center;"><small>40</small></td> <td style="text-align: center;"><small>2.440 kWh</small></td> <td style="text-align: center;"><small>150,00 kWh</small></td> <td style="text-align: center;"><small>12/04/2022</small></td> <td style="text-align: center;"><small>11/05/2022</small></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">14/03/2022</td> <td style="text-align: center;">11/04/2022</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1942</td> <td style="text-align: center;">2047</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> </table>								<small>Indust./Metalurgia do Cobre</small>		<small>Medido</small>		<small>Constante de Multiplicação</small>		<small>Total Faturado</small>		<small>Consumo Médio Diário</small>		<small>Data de Emissão</small>		<small>Próxima Leitura Prevista</small>		<small>Leitura Anterior</small>	<small>Leitura Atual</small>	<small>28 dias</small>	<small>4200 kWh</small>	<small>40</small>	<small>2.440 kWh</small>	<small>150,00 kWh</small>	<small>12/04/2022</small>	<small>11/05/2022</small>						14/03/2022	11/04/2022													1942	2047												
<small>Indust./Metalurgia do Cobre</small>		<small>Medido</small>		<small>Constante de Multiplicação</small>		<small>Total Faturado</small>		<small>Consumo Médio Diário</small>		<small>Data de Emissão</small>		<small>Próxima Leitura Prevista</small>																																																			
<small>Leitura Anterior</small>	<small>Leitura Atual</small>	<small>28 dias</small>	<small>4200 kWh</small>	<small>40</small>	<small>2.440 kWh</small>	<small>150,00 kWh</small>	<small>12/04/2022</small>	<small>11/05/2022</small>																																																							
14/03/2022	11/04/2022																																																														
1942	2047																																																														
<b>Histórico de Consumo e Pagamento</b>						<b>Valores Faturados</b>																																																									
<small>Mês</small>	<small>kWh</small>	<small>Dt.Pgto.</small>																																																													
03/2022	6720	16/04/2022	3.888,86																																																												
02/2022	3600	16/03/2022	547,67																																																												
						<small>NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 247.928.16 - SÉRIE B</small> <small>Emitida em 12/04/2022</small>																																																									

Fonte: Sulfiltros (2022).

Segundo a ANEEL (2018), consumidores de energia elétrica elétrica atendidos

com a opção tarifária grupo B e de pequeno porte, conectados em baixa tensão, o valor monetário da fatura de energia elétrica depende unicamente da quantidade de energia elétrica consumida, ou seja, quanto maior o consumo maior a fatura, e quanto menor o consumo, menor a fatura.

A esse modelo tarifário dá-se o nome de tarifa monômnia volumétrica. Monômnia, pois tem um único valor de tarifa e volumétrica, pois depende do volume de energia consumida, que é o caso do estudo de caso.

Por ter uma única tarifa, e o valor da fatura depender apenas da quantidade de energia consumida, esse modelo é de fácil entendimento pelos consumidores e também de simples implementação, pois exige um medidor que apenas totalize a energia consumida ao longo do tempo (uma potência ligada ao longo do tempo).

## 4 METODOLOGIA

Segundo Mendonça (2014), a pesquisa é fundamental em qualquer contexto social, inclusive na área de tecnologia, pois ela contribui com alternativas e soluções para cada situação pesquisada, sendo imprescindível acompanhar a multiplicação de informações decorrentes das mudanças impulsionadas pelas tecnologias da comunicação e informação.

A pesquisa é um processo de investigação que se interessa em descobrir as relações existentes entre os aspectos que envolvem os fatos ou fenômenos. Para que a pesquisa seja definida como científica, é necessário que se desenvolva de maneira organizada e sistemática, seguindo um planejamento previamente estabelecido pelo pesquisador (Mendonça, 2014, p. 28).

De acordo com Gil (2002), define-se como pesquisa o procedimento sistemático com objetivo de proporcionar respostas a problemas que são propostos. Ela é requerida quando não se tem informações suficientes para responder a algum problema.

Essa pesquisa foi realizada para formular um referencial visando uma melhor fundamentação teórica sobre o uso da energia fotovoltaica afim de entender e explicar as técnicas mais usadas para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos a análise de investimentos, e foi realizada através de uma revisão bibliográfica a respeito do panorama energético brasileiro e o uso de energias renováveis, como a solar, além das técnicas de investimento e viabilidade econômica.

Para obtenção dos dados da microgeração foram coletados informações do responsável pela unidade industrial e do engenheiro prestador de serviço. Os dados se referem ao histórico de consumo, potência do sistema fotovoltaico, sua capacidade de geração de energia elétrica medida em kWh e a classe de consumo a qual o consumidor final se enquadra.

As técnicas utilizadas para a análise de investimento foram o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o método do Payback nas formas simples e descontado.

Atualmente no mercado existem vários softwares que são utilizados para dimensionamento de sistemas solares, tais como o Pvsyst, Homer Pro, PV Planner, Solar Pro, entre outros. Porém segundo as informações técnicas fornecidas pelo engenheiro responsável pelo dimensionamento do SFV da unidade Sulfiltros, estes

softwares específicos para sistema solar são utilizados para grandes potências de sistemas, o que não é o caso da Sulfiltros, pois a mesma se enquadrou na modalidade de microgerador, com potência inferior a 75 kW.

Como se trata de um estudo de caso vamos relatar exatamente a metodologia utilizada na prática no caso da Sulfiltros, que resultou na especificação do SFV (módulos solares mais inversor de frequência).

A dissertação se caracteriza por um estudo de caso realizado em uma indústria de filtros industriais.

#### 4.1 ESTUDO DE CASO

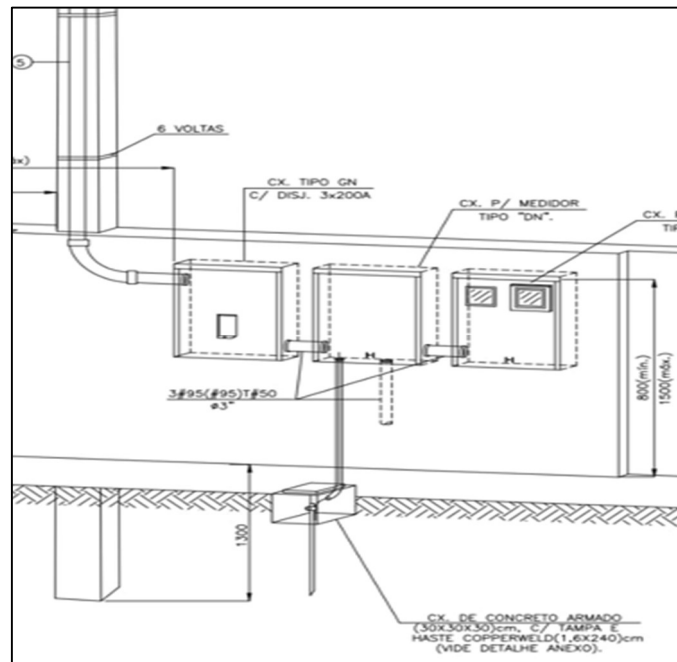
A unidade em questão é a empresa Sulfiltros, localizada em Rolândia, Paraná, na Av Itamaraty, nº 1600, classificada na atividade de metalúrgica de cobre industrial, com entrada de energia de 200 A e opção tarifária do grupo B.

Segundo a Aneel (2021), entrada de energia é o conjunto de materiais, equipamentos e acessórios situados a partir do ponto de conexão com a rede de distribuição da COPEL até o disjuntor da unidade consumidora, inclusive.

A Figura 11 mostra o esquemático da entrada de energia que atende a Sulfiltros contendo três caixas, sendo uma para o disjuntor geral da unidade de 200 A (caixa da esquerda), uma para os transformadores de corrente responsáveis pela medição indireta (caixa do meio) e uma terceira caixa para abrigar o medidor de energia (caixa da direita).

Isso foi mandatário pois em 2020 nenhuma concessionária de energia possuía um medidor de energia tipo direto com quatro quadrantes, necessário para medir energia reversa, aquela energia compensada na rede da distribuidora.

**Figura 11** – Representação esquemática de uma entrada de energia padrão Copel



**Fonte:** Próprio Autor.

Abaixo na figura 12 temos a entrada de energia da unidade consumidora objeto desse estudo, alimentada 200 A de corrente elétrica na baixa tensão, em 220 V, reformada para atender a exigência de medição indireta na época da ligação de energia.

**Figura 12** – Caixas de Entrada de Energia da Sulfiltros



**Fonte:** Próprio Autor.

A potencia disponibilizada foi dada pela potência que o sistema elétrico da distribuidora deve dispor para atender aos equipamentos elétricos de sua unidade, sendo a resultante da multiplicação da capacidade nominal de condução de corrente elétrica do disjuntor geral pela tensão nominal, observado o fator específico referente ao número de fases, expressa em quilovolt-ampère (kVA).

No caso da Sulfiltros temos a seguinte equação abaixo:

$$P = (E) \times (I) \times \sqrt{3} \quad (3)$$

Onde:

*I* → Corrente da Entrada de Energia, unidade de medida em Ampères

(A)

*E* → Tensão Elétrica, unidade de medida em Volts (V)

Constante → referente ao sistema trifásico =  $\sqrt{3} = 1,73$

No caso da Sulfiltros a sua tensão elétrica é de 220 V com corrente elétrica de 200 A.

$$P = (220) \times (200) \times \sqrt{3} = 76.210,2 \text{ VA} = 76,2 \text{ kVA} \quad (3)$$

Portanto na hora de dimensionar o sistema de geração a unidade consumidora em questão está limitada em 76,2kVA de potência, ou seja, 76,2 kWp (kilowatt Pico).

Em unidade consumidora existente, que é o caso, o dimensionamento da entrada de energia deve estar compatível com o sistema fotovoltaico projetado. Caso não esteja, antes da apresentação da solicitação de acesso, o consumidor deve solicitar aumento de carga para que a potência disponibilizada torne-se igual ou superior à capacidade instalada da central geradora.

Foi exatamente isso que ocorreu com a Sulfiltros, onde ela possuía uma entrada de energia de 100 A, incompatível com a necessidade e desejo do cliente, que era de gerar energia compatível com a potência de 200 A. Para isso a empresa a empresa solicitou troca de padrão para 200 A.

Caso haja necessidade de adequação do sistema de distribuição para atendimento ao referido aumento de potência disponibilizada, os prazos e as

responsabilidades pelo custeio das obras necessárias serão estabelecidos de acordo com a regulação vigente.

De acordo com as informações passadas pelo responsável técnico pelo projeto solar da unidade Sulfiltros e de acordo com a gerente de Operações Nicoli Caroline Marzari, a unidade instalou 152 módulos FV da marca Trina de 345Wp cada um tipo policristalino e um inversor WEG 40 kW de pico, em 380V, com monitoramento WI-FI.

Apesar da proposta inicial ter sido de 133 módulos, após o cálculo para a especificação do sistema a quantidade foi aumentada para 152. A cópia da proposta para implantação é mostrada na figura 13 abaixo.

**Figura 13 – Resumo do dimensionamento do sistema**

Proposta: 102.20-RV01 CPF/CNPJ: Telefone:		Nome do cliente: Fernando Garcia Dos Santos Local de instalação: Rolândia – PR. E-mail:		
<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>QTE</b>		
<b>MODULOS</b>	MODULO FV TRINA 345Wp POLICRISTALINO	133		
<b>INVERSORES</b>	WEG 40kW 380V – Com monitoramento Wi-fi	1		
<b>ESTRUTURAS</b>	ESTRUTURA PARA FIXAÇÃO DOS PAINEIS EM TELHADO METÁLICO	133		
<b>VARIEDADES</b>	PROTEÇÃO DC E AC	Incluso		
	CONECTORES MC4 MACHO E FEMEA	Incluso		
	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC PT ABNT NBR 16612	Incluso		
	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC VM ABNT NBR 16612	Incluso		
<b>SERVIÇOS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>QTE</b>		
<b>INSTALAÇÃO</b>	INSTALAÇÃO E COMISSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID 45,89 kWp, tempo estimado para conclusão: 90 a 120 dias.	Incluso		
<b>PROJETO</b>	PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID 45,89 kWp, para homologação do sistema.	Incluso		
<b>INFRAESTRUTURA</b>	Readequações civis e estruturais, fornecimento de materiais para infraestrutura elétrica, civil etc.	Não Incluso		
<b>GARANTIAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>QTE</b>		
<b>MODULOS</b>	Módulos fotovoltaicos com 10 anos de garantia contra defeito de fabricação e 90% de eficiência, 25 anos de garantia de 80% de eficiência.	Incluso		
<b>INVERSORES</b>	Inversores com 5 anos de garantia contra defeitos de fabricação.	Incluso		
<b>ESTRUTURAS</b>	Estrutura de fixação com 10 anos de garantia contra defeitos de fabricação.	Incluso		
<b>INSTALAÇÃO</b>	Garantia de 1 ano sobre a instalação do seu sistema fotovoltaico on-grid.	Incluso		
<b>Valor Total da Proposta: R\$ 170.000,00 à vista.</b>				

Fonte: Sulfiltros (2022).

Como ilustração, na figura 14 abaixo mostra a imagem de parte do telhado da unidade com parte das placas instaladas

**Figura 14** – Foto das placas instaladas na Sultech

Fonte: Sulfiltros (2022).

A unidade passou a ser microgeradora em 29/05/2020. Portanto a análise se dará a partir de maio de 2020 a abril de 2021, onde a sua fatura de energia com vencimento em 16/06/2020, referente ao mês de maio de 2020 ainda não trouxe dados referente a microgeração da unidade. Esses dados foram trazidos somente na fatura do mês de junho de 2020 com vencimento em julho de 2020.

#### 4.2 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Para dimensionamento do sistema solar foi necessário identificar as coordenadas da cidade de Rolândia para buscar a irradiação solar diária média mensal, medida em kWh/m<sup>2</sup>.dia.

Suas coordenadas são:

Latitude: 23,301° S

Longitude: 51,349° O

**Figura 15** – Irradiação solar média mensal, em Kwh/m<sup>2</sup>.dia

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Plano Horizontal	0° N	5,91	5,80	5,25	4,62	3,66	3,38	3,59	4,50	4,69	5,33	6,00	6,26	4,91	2,88
Ângulo igual a latitude	23° N	5,34	5,54	5,42	5,27	4,53	4,40	4,59	5,36	5,01	5,21	5,49	5,56	5,14	1,15
Maior média anual	21° N	5,41	5,59	5,43	5,24	4,48	4,33	4,53	5,31	5,00	5,25	5,56	5,64	5,15	1,30
Maior mínimo mensal	36° N	4,79	5,12	5,23	5,35	4,78	4,74	4,91	5,56	4,93	4,89	4,96	4,93	5,02	,82

Fonte: CRESESB (2012).

Nota-se que a média anual de irradiação varia entre 4,91 e 5,02 Kwh/m<sup>2</sup>.dia, conforme a Cresesb (2012).

Foi considerado e utilizado o Fator de Média de Irradiação Solar (FMIS) de 5

kWh/m<sup>2</sup> por dia no referido cálculo.

A irradiância solar é a principal fonte de energia do sistema terrestre (Rodríguez Gómez; Carlesso; Vieira; Silva, 2018).

Sobre a eficiência dos módulos solares foi considerada uma eficiência média de 80% para o dimensionamento do SFV. Este valor fica a critério do responsável técnico e se baseia nas médias atuais de eficiência dos módulos. Isso significa que se o módulo solar possui uma eficiência de 80% ele vai converter 80% da energia que incide sobre o painel, por m<sup>2</sup>, em energia elétrica.

Esse valor de eficiência de um painel solar se resume basicamente na porcentagem de energia da luz do sol que o painel solar converte em energia elétrica por m<sup>2</sup> (Entenda, 2021).

A média de consumo da Sulfiltros é 5.553 kWh, porém o projetista aplicou um fator de segurança de 10% e considerou para cálculo do SFV o montante de 6.200 kWh. De posse desse valor foi utilizada a seguinte formulação para o cálculo da potência do SFV:

$$Potência\ SFV = \frac{Consumo}{(Irradiação\ Direta) \times (Eficiência) \times (Período)} \quad (4)$$

onde:

- Potência SFV: potência necessária para a geração solar (conjunto de módulos e inversor), unidade de medida [kW];
- Consumo: de energia elétrica, unidade de medida [kWh];
- Irradiação Direta: energia proveniente do sol, emitida sem a necessidade de meio material, unidade de medida [kWh/m<sup>2</sup>.dia];
- Eficiência: da placa (módulo) solar, na média dos mainéis atuais fica em torno de 80%, unidade de medida [%];
- Período: tempo da geração solar, considera-se o mês completo, 30 dias, unidade de medida [dias]

$$Potência\ SFV = \frac{6200}{(5) \times (0,8) \times (30)} = 51.660W = 51,66\ kW \quad (4)$$

Como a potência de cada módulo disponível na época era de 345 Watts e, para

encontrarmos a quantidade de módulos solares, dividimos a potência elétrica definida na equação anterior pelo potência de cada módulo solar para definirmos a quantidade de módulos, no caso 345 Watts.

$$\text{Módulos} = \frac{\text{Potência SFV}}{\text{Potência Módulo}} \quad (5)$$

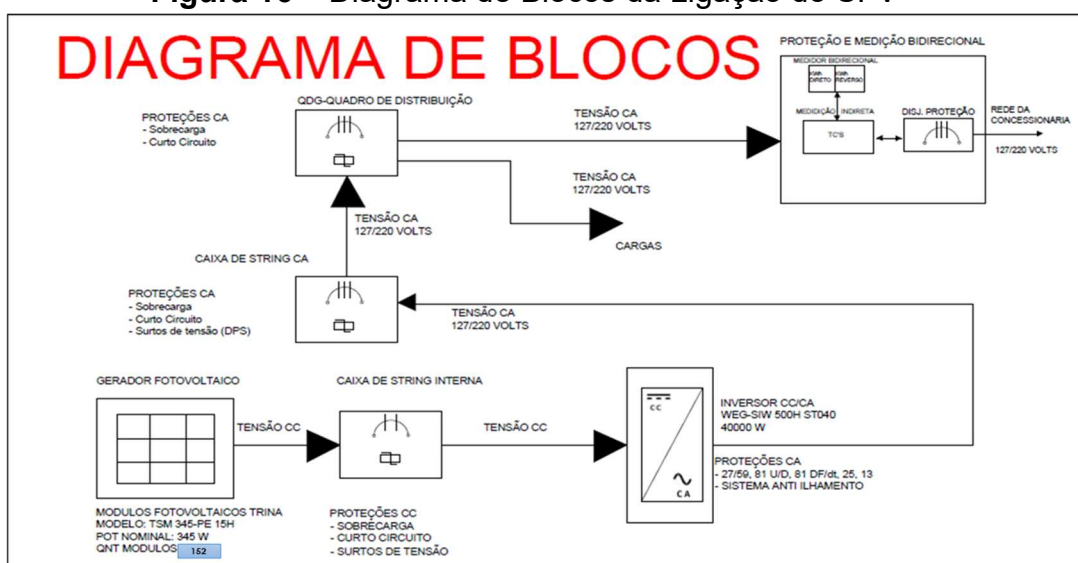
onde:

- Módulos: quantidade de placas solares (módulos);
- Potência SFV: potência necessária para a geração solar (conjunto de módulos e inversor), unidade de medida [kW];
- Potência Módulo: potência de cada módulo, unidade de medida [W];

$$\text{Módulos} = \frac{(51660)}{(345)} = 149,73 \text{ módulos} \quad (5)$$

Por questões de parâmetros de corrente e tensão elétrica e para ter conformidade com as strings box, a quantidade de módulos foi aumentada de 150 para 152 módulos, com 8 strings de 19 módulos cada, conforme diagrama de blocos abaixo:

**Figura 16 – Diagrama de Blocos da Ligação do SFV**



A String Box é a componente de proteção da parte CC do sistema fotovoltaico. Ela conecta os cabos vindos dos módulos fotovoltaicos ao inversor enquanto fornece

proteção contra sobretensão e sobrecorrente permitindo o seccionamento do circuito (Vinturini, 2019).

Multiplicando 152 módulos de 345 W temos a potência de 52.440 W, ou 52,44 kW.

Ainda temos que aplicar o fator de capacidade para sistemas solares em função de nem todos os telhados estarem posicionados para a face norte, que é a condição ideal para máximo aproveitamento da luz solar.

Fator de capacidade é um indicador de performance que define o quanto uma usina solar gera em relação ao máximo que ela poderia gerar (Entenda, 2020).

Em outras palavras, significa a proporção entre a Energia Gerada e a Capacidade Instalada do SFV.

Na Sulfiltros o responsável técnico utilizou um fator de capacidade de 0,75 (FC de 0,75). A definição do fator de capacidade utilizado em projetos fica a critério do responsável técnico, no caso do estudo de caso foi utilizado o FC de 0,75.

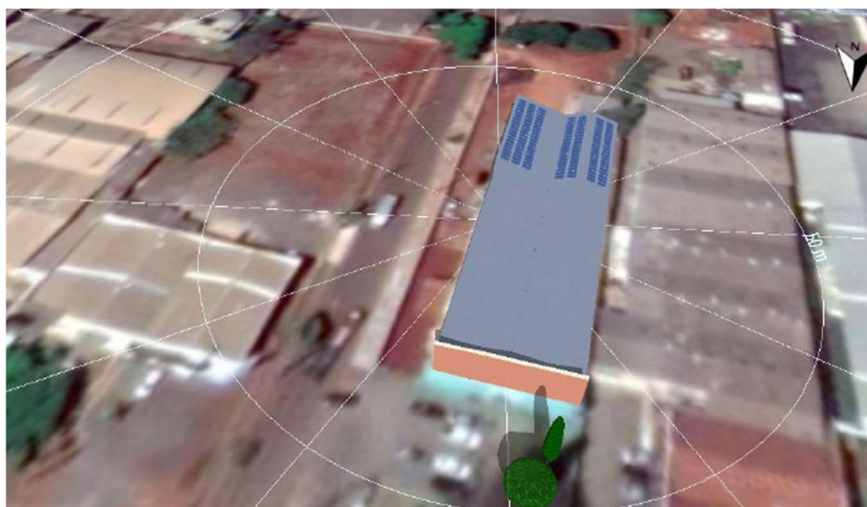
Desta forma utilizaremos a equação abaixo, considerando a potência do sistema fotovoltaica definida na equação (5) para aplicar o FC.

$$\text{Potência SFV nova} = (\text{Potência SFV}) \times (\text{Fator de Capacidade}) \quad (6)$$

$$\text{Potência SFV nova} = 52,44 \text{ kW} \times 0,75 = 39,33 \text{ kW} \quad (6)$$

A potência do inversor deve ser maior que 39,33kW. De posse dessa potência nova de dimensionamento do SFV foi definido e utilizado o inversor para essa capacidade de potência, sendo dimensionado o inversor marca WEG de 40 kW, atendendo a demanda.

O módulo solar é o modelo 38 x TSM-345-PE15H, fabricante TRINA SOLAR, instalado em uma inclinação de 17° com orientação Leste. A área total coberta pelos módulos será de 270,3 m<sup>2</sup>.

**Figura 17** – Projeção dos Módulos no Telhado da Sulfiltros

Fonte: Próprio Autor.

Segundo Olsen (2020), os modelos atuais de painéis solares perdem até 10% de eficiência em 10 anos e até o final de sua vida útil pode perder mais 20% de sua eficiência, ou seja, essa perda de eficiência pode chegar a 30% ao final de sua utilização.

Painéis de alta qualidade podem gerar energia com uma eficiência aceitável por um período de 30 a 40 anos. O produto pode continuar a funcionar depois deste período, com uma qualidade comprometida (Olsen, 2020).

Em nosso estudo vamos considerar uma vida útil de 25 anos, porém como sistemas fotovoltaicos podem durar até 40 anos produzindo energia elétrica podemos considerar que a eficiência de rendimento de um SFV cai em torno de 0,8% ao ano, em média.

#### 4.3 Histórico de Consumo da Unidade

Abaixo temos a figura 18 com o consumo de energia elétrica da unidade um ano antes da instalação do sistema fotovoltaico (SFV).

**Figura 18** – Consumo de Energia da Empresa de maio de 2019 a abril de 2020

<b>Consumo de Energia (Antes do SFV)</b>		
Mês	em Kwh	Valor da Fatura
mai/19	4656	R\$ 3.726,00
jun/19	4308	R\$ 3.454,00

jul/19	4662	R\$	3.753,00
ago/19	5562	R\$	4.540,00
set/19	5329	R\$	4.402,00
<b>out/19</b>	<b>6999</b>	<b>R\$</b>	<b>5.833,00</b>
nov/19	6556	R\$	5.339,00
dez/19	6639	R\$	5.410,00
<b>jan/20</b>	<b>3572</b>	<b>R\$</b>	<b>2.920,00</b>
fev/20	6602	R\$	5.355,00
mar/20	5613	R\$	4.522,00
abr/20	6147	R\$	5.051,00

**Fonte:** Próprio Autor.

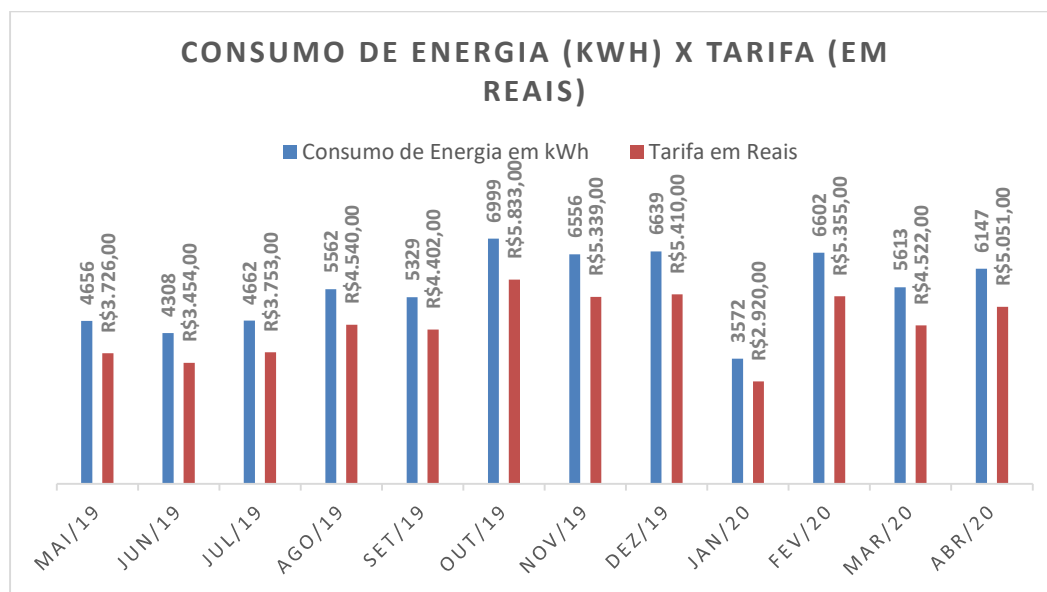
A média nesse período de 12 meses (entre maio de 2019 a abril de 2020) é de 5.553 kWh e, conforme se observa, os meses de consumo de energia elétrica da unidade relatados na tabela se refere a 12 meses, exatamente os 12 meses que antecederam a instalação do SFV na Sulfiltros.

Percebe-se uma variação no valor da tarifa de até R\$ 2.913,00 reais se compararmos o mês de menor consumo (janeiro de 2020 com 3.572 kWh) com o mês de maior consumo (outubro de 2019 com 6999 kWh de consumo).

Ao longo de 2019/2020, ciclo anterior a instalação do SFV, o consumo total de energia foi de 66.645 Kwh totalizando uma despesa com energia elétrica nesse ano de R\$ 54.305,00, onde a média mensal de consumo foi de 5.553,75 Kwh e a média mensal paga foi de R\$ 4.525,42 reais.

O valor da tarifa (em reais) é diretamente proporcional ao consumo de energia, medido em Kwh. Quanto maior o consumo maior será a conta de energia elétrica.

A figura 19 abaixo mostra o valor pago em reais em função da energia elétrica ativa medida em kWh.

**Figura 19 – Consumo (kWh) x Tarifa (R\$) no ano anterior a instalação do SFV**

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com a COPEL (2022c), o reajuste anual acontece em função da revisão tarifária periódica e da revisão tarifária extraordinária, elaborada pela Aneel, tendo seu menor valor em 2020 em função da pandemia e seu maior aumento em 2015, chegando a 52,11% somente naquele ano, fracionado em dois aumentos, um de 15,32% e um de 36,79%, totalizando 52,11%.

A data aniversário desses reajustes ocorre todo dia 24 de junho de cada ano (ANEEL, 2022).

De 2014 até os dias atuais, portanto nos últimos oito anos, a energia mais do que dobrou de preço, totalizando 103,86% de aumento seguindo os aumentos acumulativos anuais. A média anual de aumento, nesses últimos 8 anos, ficou em 9,4% ao ano.

**Figura 20 – Reajuste das Tarifas desde 2014 no Paraná**

<b>Reajustes Tarifários – Paraná (2014 a 2022)</b>			
<b>Ano</b>	<b>%</b>	<b>Data</b>	<b>Tipo do Reajuste</b>
2022	4,90	24/06/2022	Reajuste tarifário anual
2021	9,89	24/06/2021	Revisão Tarifária Periódica
2020	0,41	24/06/2020	Reajuste Tarifário Anual
2019	3,41	24/06/2019	Reajuste Tarifário Anual
2018	15,99	24/06/2018	Reajuste Tarifário Anual
2017	5,85	24/06/2017	Reajuste Tarifário Anual
2017	-1,17	01/05/2017	Reversão do EER Angra III
2016	-12,87	24/06/2016	Revisão Tarifária Periódica

2015	15,32	24/06/2015	Reajuste Tarifário Anual
2015	36,79	02/03/2015	Revisão Tarifária Extraordinária
2014	24,86	24/06/2014	Reajuste Tarifário Anual

Fonte: (COPEL, 2022).

Para exemplificar significa que, se 1 kWh de energia custasse 0,10 centavos em 2014, em 2022 ele estaria custando 0,19261 centavos, ou seja, quase dobrou o valor de energia em 8 anos. A figura 21 abaixo resume esse exemplo de evolução da tarifa caso 1 kWh de energia custasse 0,10 centavos em 2014.

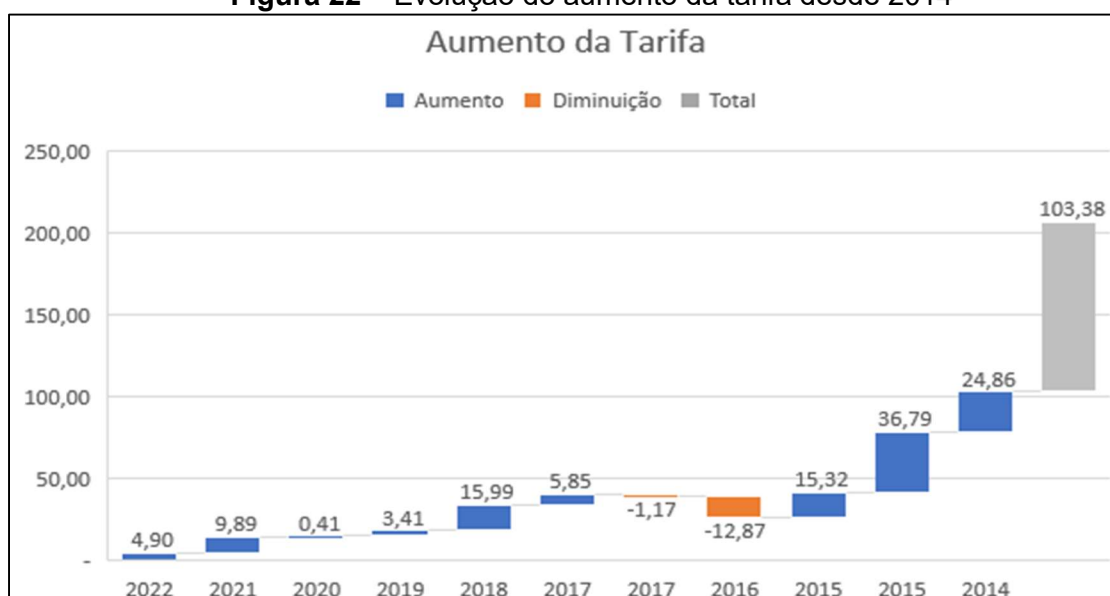
**Figura 21** – Exemplo de evolução da tarifa de energia nos últimos 8 anos

-	Reajuste	R\$ cada kWh
2014	24,86%	0,10
2015	52,11%	0,15211
2016	-12,87%	0,132533443
2017	4,68%	0,138736008
2018	15,99%	0,160919896
2019	3,41%	0,166407264
2020	0,41%	0,167089534
2021	9,89%	0,183614689
2022	4,90%	0,192611809

Fonte: Próprio Autor.

A figura 22 abaixo ilustra esses aumentos na tarifa de energia.

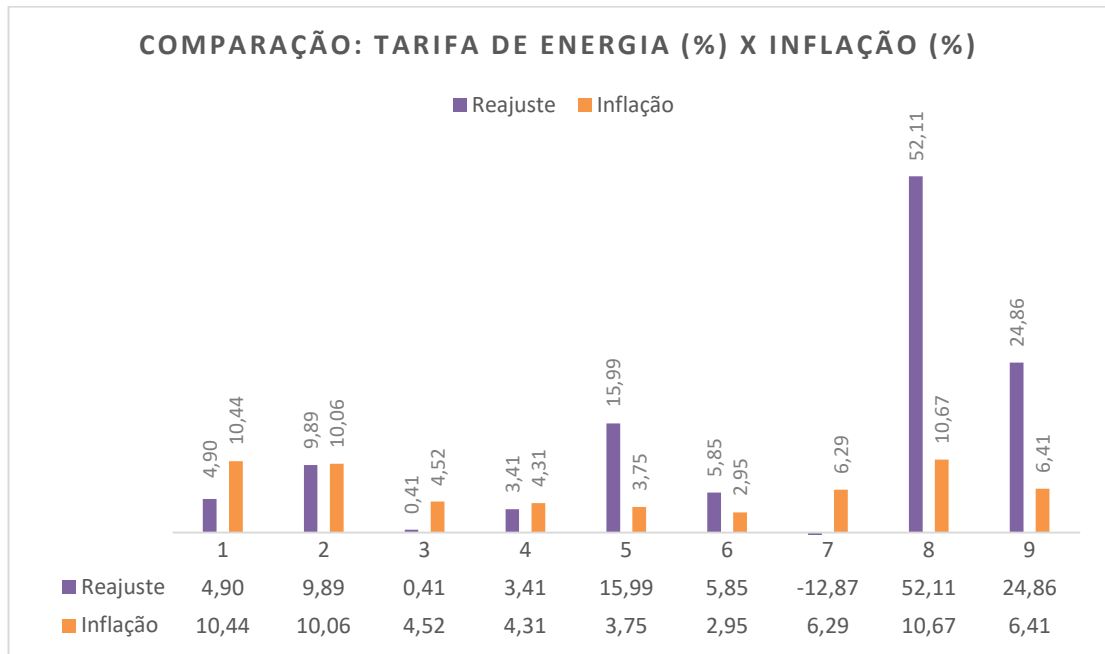
**Figura 22** – Evolução do aumento da tarifa desde 2014



Fonte: Próprio Autor.

Comparando a inflação no Brasil com o aumento da tarifa no Paraná constatamos que em determinados anos a inflação foi maior que o aumento da tarifa de energia e em determinados anos esse cenário se inverte, tendo o aumento da tarifa acima da inflação. Abaixo temos a figura 23 com esse cenário.

**Figura 23 – Reajuste da Tarifa de Energia x Inflação**

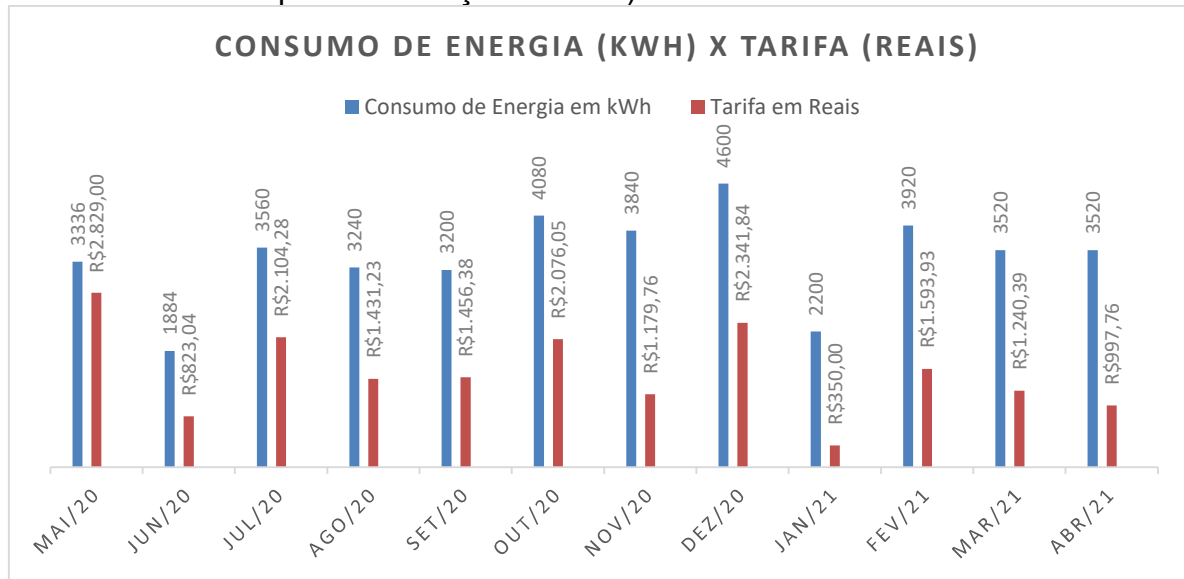


Fonte: Próprio Autor.

O ano de 2015 bateu recorde de aumento no valor de energia, chegando a 52,11% somente naquele ano.

Na empresa Sulfiltros, objeto do estudo de caso, no **ano seguinte** após a instalação do SFV ocorrida em abril de 2020, apresentou as seguintes leituras de consumo de energia elétrica, conforme figura 24 abaixo:

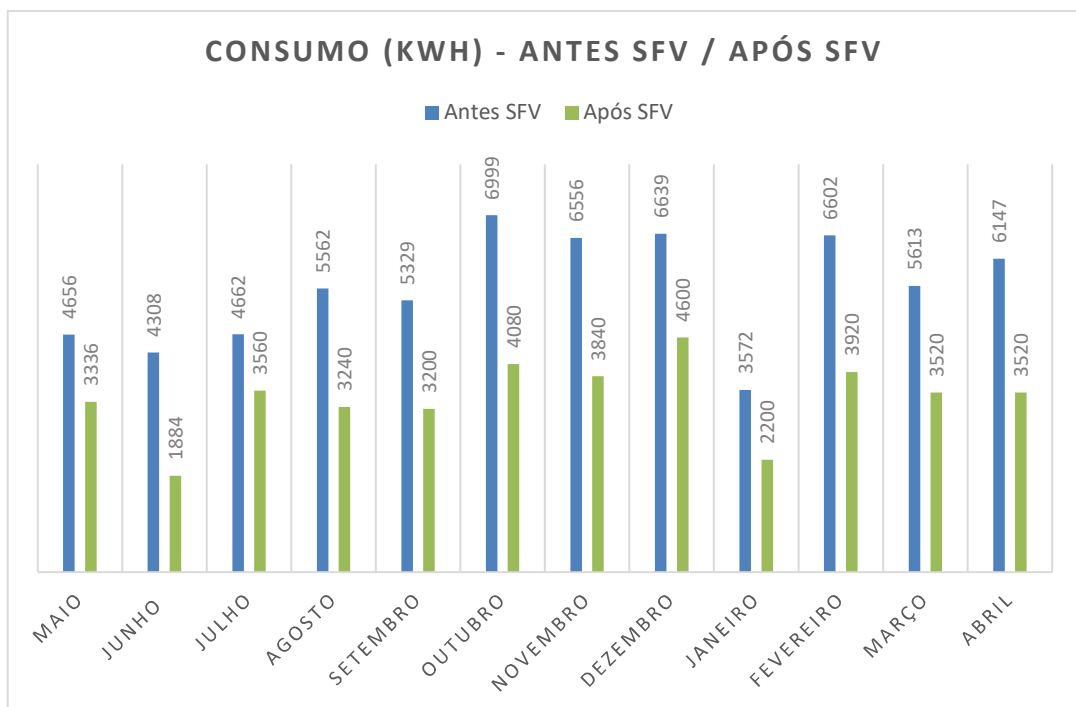
**Figura 24** – Consumo de Energia da Empresa de maio de 2020 a abril de 2021 (um ano após a instalação do SFV)



Fonte: Próprio Autor.

Percebe-se uma redução no valor da fatura e uma redução no consumo de energia direta proveniente da concessionária, comparada ao ano anterior da instalação do SFV (2019 / 2020) com relação ao ano pós instalação do SFV (2020/ 2021).

**Figura 25** – Consumo um ano antes e um ano após a instalação do SFV



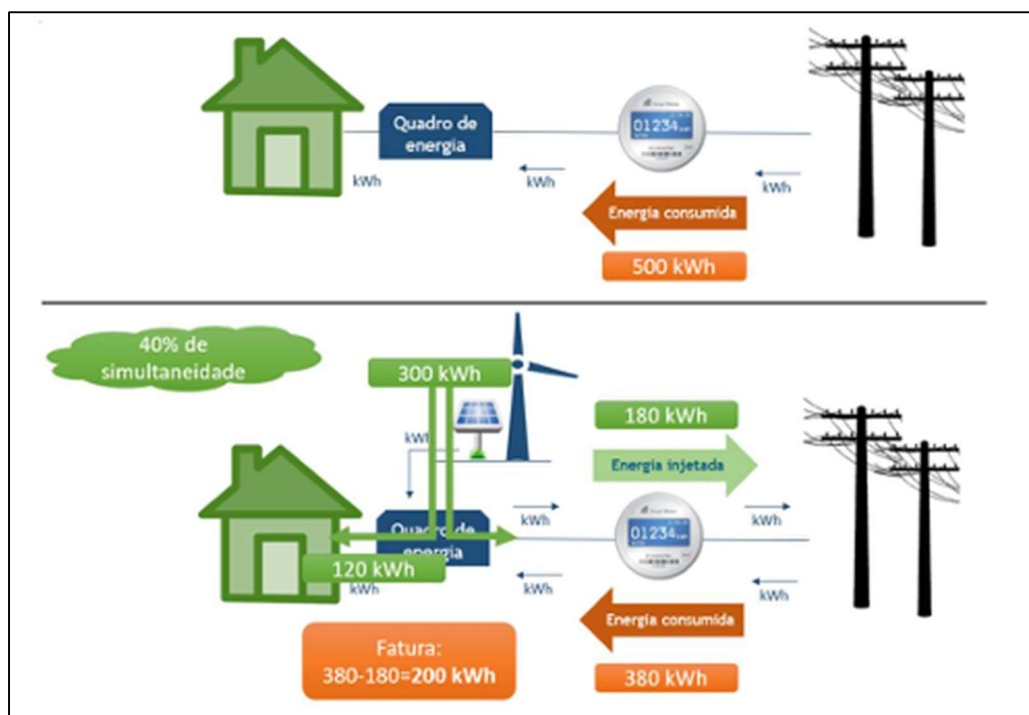
Fonte: Próprio Autor.

No ano anterior o montante de energia medida foi de 66.645 kWh. Após a instalação do SFV o consumo foi de 40.900 kWh. Isto representa uma redução de 38,63%.

Fator de simultaneidade é a razão entre o montante de energia consumida durante o auto consumo e a energia gerada, que para atividade industrial, em média, é de 33 % (Vieria Neto *et al.*, 2020).

A figura 26 mostra que a energia gerada pela GD se constitui de duas componentes. A primeira chamada de energia injetada na rede da concessionária, e a segunda a energia gerada de forma simultânea ao consumo (ou energia autoconsumida).

**Figura 26** – Energia Injetada x Energia Autoconsumida



Fonte: ANEEL (2018).

No exemplo acima, para ilustrar, temos um FS de 40%, isso significa que 40% da energia gerada pelo seu SFV é autoconsumida. No exemplo, 40% de 300 kWh gerado o medidor de energia não sensibiliza, se caracterizando com uma energia autoconsumida não paga pelo cliente de energia elétrica.

Com relação a empresa objeto do estudo de caso nota-se uma redução no consumo de energia registrado pelo medidor de energia elétrica da concessionária, o que não reflete em uma redução de consumo de energia por parte do consumidor

em questão.

A informação da energia gerada pelo SFV foi coletada no sistema Solarview. A energia medida no sentido fonte barra (sentido direto da energia, da concessionária para dentro da unidade consumidora, denominada energia do sentido direto), foi medida pelo código 03 do medidor da concessionária, e o montante da energia compensada para a rede da distribuidora (sentido barra-fonte), que volta pra rede e fica disponível para ser consumida por outros consumidores conectados ao sistema de distribuição. Essa energia é medida pelo código 103 do medidor (é a chamada energia reversa).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Análise Técnica Econômica da Implantação

A Análise de Viabilidade Técnico-Econômica permite verificar e analisar de modo a atestar a possibilidade de se investir em um produto ou ferramenta para obter um retorno financeiro na empresa, garantindo assim que seu investimento seja feito de maneira segura e assertiva, maximizando os lucros futuros (PROPEQ, 2021).

Existe uma dúvida nas empresas na hora de tomar a decisão de implantar ou não a geração distribuída, pois ela pode investir em energia solar ou deixar o dinheiro em uma aplicação financeira, como a poupança por exemplo. A avaliação abaixo que será realizada através de ferramentas financeiras abordará todas as opções disponíveis para avaliar se é viável ou não o investimento em SFV.

No estudo de caso será considerado um tempo de investimento de 25 anos que é o tempo de vida útil do SFV, as despesas e as receitas formando o fluxo de caixa e o fluxo de caixa em valor presente e valor presente líquido.

Composição dos valores:

- Valor total do investimento (recursos próprio mais financiamento): R\$ 170.000,00;
- Entrada pelo cliente (recursos próprios): R\$ 34.000,00;
- Quantidade de parcelas: 36;
- Início do financiamento: abril de 2020;
- Término do financiamento: abril de 2023;
- Valor da parcela: R\$ 4.740,00 ao mês;
- Gastos anuais com parcelas do financiamento: R\$ 56.880,00;

No primeiro ano após a instalação do SFV, a economia anual com a fatura de energia foi, em média, R\$ 35.881,34 e o valor pago anualmente com o financiamento do SFV foi de R\$ 56.880,00 (12 parcelas de R\$ 4.740,00 reais). A diferença entre o valor pago por ano das parcelas (R\$ 56.880,00) e a economia anual de energia (R\$ 35.881,34) é de R\$ 20.998,66 reais.

Outra questão a considerar é a opção tarifária de atendimento, onde a empresa Sulfiltros não está enquadrada na opção tarifária do grupo A.

Portanto o valor da energia compensada na rede da distribuidora será fixo, pois a opção tarifária não possui as características de horossazonalidade, sendo enquadrada na opção tarifária convencional do grupo B, onde o valor da energia elétrica é a mesma, nas 24 h do dia.

### 5.1.1 Valor presente líquido (VPL)

O estudo do Valor Presente é uma ferramenta matemática/financeira que permite comparar valores futuros com um valor no presente, levando em consideração uma taxa de juros para a correção do dinheiro no tempo. Essa taxa na análise de viabilidade para implantação de energia solar se chama taxa mínima de atratividade (TMA), que para projetos fotovoltaicos utiliza-se a taxa selic como referência. Em outras palavras, dado uma série de valores futuros é possível calcular o valor presente equivalente (Conceitos, 2022).

VPL é um indicador para analisar a viabilidade financeira de projetos (Técnica, 2016).

Em 2022 a taxa selic ficou em torno de 13,75%, mas em 2020, ano do investimento no SFV realizado pela Sulfiltros, a taxa selic média foi de 4,25%. Nossa análise foi considerando o cenário financeiro de 2020 e, por imposição, será considerada uma taxa mínima de atratividade de 5%, um pouco acima da taxa Selic, método utilizado nas análises dessa natureza. Portanto a TMA será de 5%.

TMA é um índice, dado em porcentagem, utilizado para corrigir o valor dos fluxos de caixa ao longo do tempo trazendo tudo para o valor presente. É a rentabilidade mínima que o investidor considera necessário para realizar o investimento (Conceitos, 2022).

Valor presente líquido é o acumulado ao longo do tempo do fluxo de caixa trazido para valor presente. Valor presente líquido se resume a ser o acumulado ao longo do período do fluxo de caixa trazido para valor presente ao longo dos 25 anos da vida útil do SFV.

Inicialmente para o ano 0 (zero) nós temos a dívida inicial, de R\$ -170.000,00. No ano 1 o VPL será a soma dessa dívida (R\$ -170.000,00) com o fluxo de caixa trazido para valor presente do ano 1 (R\$ 34.172,70), resultando em (R\$ -135.827,30). Para saber o VPL do ano 2, somamos o VPL do ano 1 (R\$ -135.827,30) ao fluxo de caixa trazido para valor presente do ano 2 (R\$ 32.285,07), resultando em (R\$ -103.542,23), e assim sucessivamente até o ano 25.

Portanto no ano 0 (em 2020) a dívida é de R\$ -170.000,00 reais. No ano 1 (em 2021) a dívida cai para R\$ -135.827,30 reais. No ano 2 essa dívida cai para R\$ -103.542,23, e assim segue até o ano 25, onde, nesse caso, teremos um saldo positivo, acumulado, no valor de R\$ 299.192,39 reais. Esse valor foi positivo e é o valor que a unidade conseguiu acumular ao longo da vida útil do SFV, significando que valeu a pena o investimento pois apresentou um lucro ao final da sua vida útil.

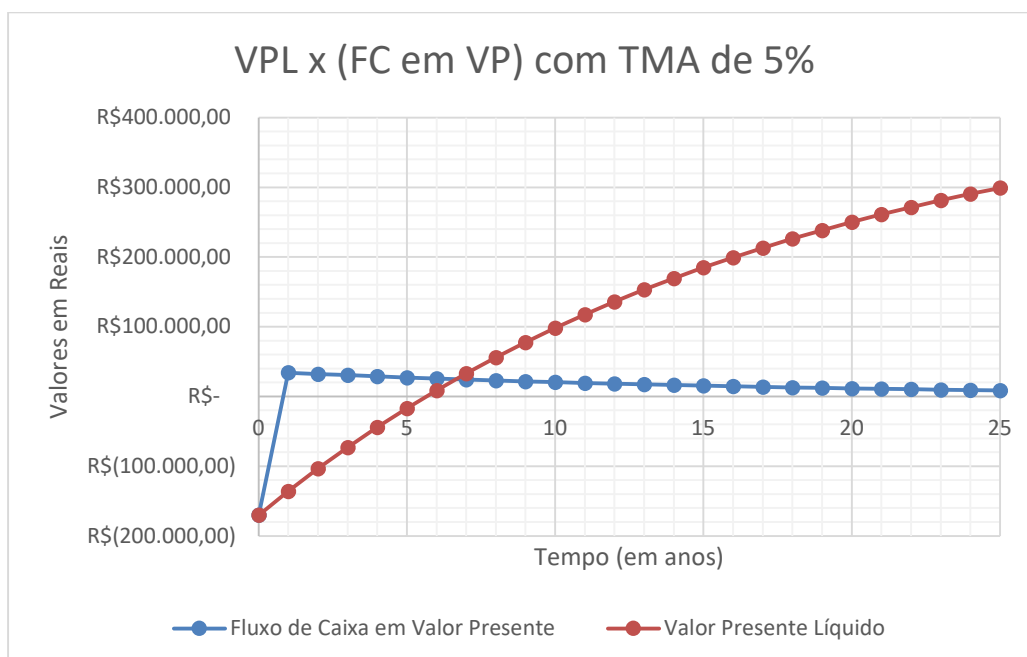
O valor de R\$ 299.192,39 reais é a soma de todos os fluxos de caixa trazidos para valor presente ao final da vida útil do SFV.

Em nosso exemplo foi considerado uma TMA de 5% (um pouco acima da taxa Selic da época da instalação do SFV, em 2020, que era de 4,25%), e no ano 0 a dívida é de R\$ -170.000,00 reais, valor inicial do investimento.

Com a taxa mínima de atratividade de 5% definida da análise, temos um tempo de retorno de investimento real (Payback Descontado) ocorrendo entre o 5º e o 6º ano do investimento. Esse valor é identificado no momento em que a VPL (que é a soma dos fluxos de caixa trazido para valor presente) cruza o eixo zero do gráfico 12 abaixo. É nesse período (no caso entre quinto e o sexto ano) que o investimento se paga.

A figura 27 abaixo mostra essa indicação.

**Figura 27** - Valor presente líquido e payback descontado a uma TMA de 5%



Fonte: Próprio Autor.

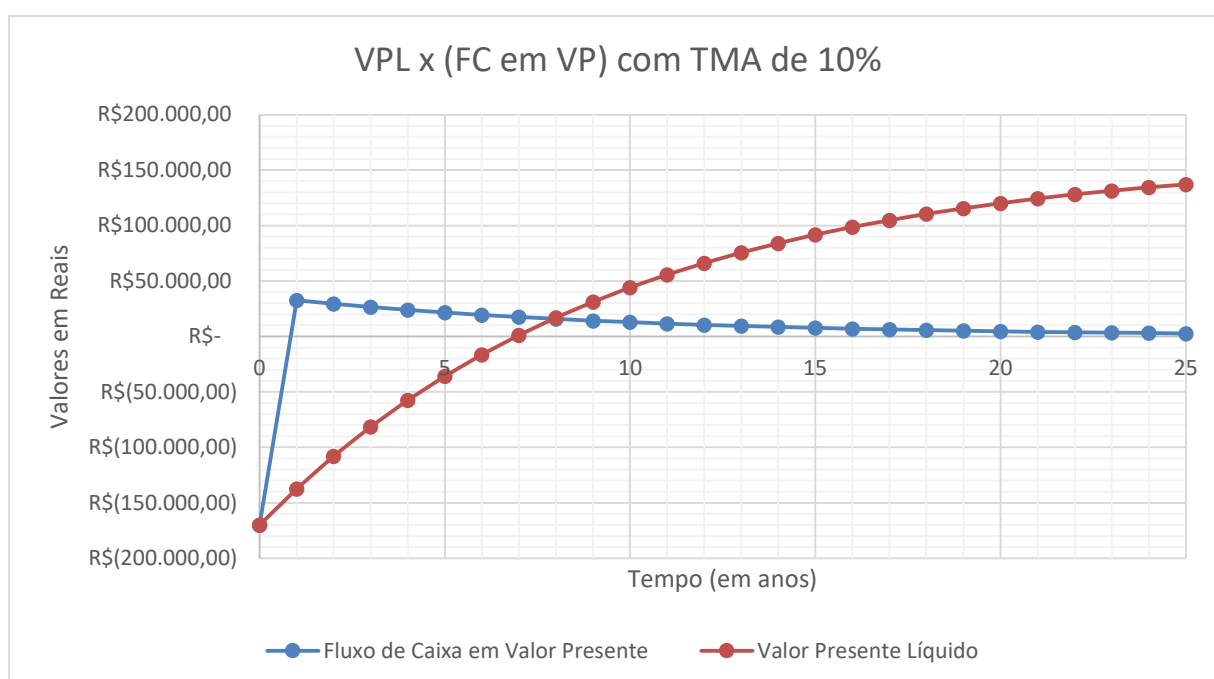
Aumentar a TMA significa aumentar o tempo de payback. Quanto maior a TMA,

ou seja, quanto mais eu exigo de retorno do meu investimento, maior será o tempo de payback e menor será o valor presente líquido (fluxo de caixa acumulado trazido para valor presente ao longo do tempo ao final dos 25 anos), tempo de vida do SFV.

Na simulação, para o mesmo valor de investimento de R\$ 170.000,00 reais, considerando uma TMA de 10%, por exemplo, o dobro da que está sendo considerada em nosso estudo de caso, que é de 5%, o tempo de payback aumenta para 7 anos e a VPL cai de R\$ 299.192,39 para R\$ 137.149,31 reais.

Aumentando a TMA de 5% para 10% nós também teremos um saldo positivo ao final da vida útil do sistema, porém esse saldo será menor, caindo de R\$ 299.192,39 reais para R\$ 137.149,31 reais, além de aumentarmos o tempo do payback descontado para cerca de 7 anos, conforme figura 28 abaixo.

**Figura 28** - Valor presente líquido e payback descontado a uma TMA de 10%



Fonte: Próprio Autor.

Quem define a TMA é o “dono” do investimento, aquele que vai disponibilizar um recurso financeiro ou contrair um financiamento para realizar o investimento, podendo ser o proprietário da empresa o responsável pelo projeto, ou ambos.

Outra fator que aumenta o tempo de payback é o valor investido.

A figura 29 abaixo exhibe os valores utilizados para a abordagem da VPL, TMA e Fluxo de Caixa trazido para Valor Presente considerando a TMA de 5%.

**Figura 29** – Demonstrativo dos valores utilizados para cálculo do VPL

Investimento em SFV de 170 mil reais, tempo 25 anos			Economia Anual Inicial		R\$	35.881,34		
TMA de 4,25%			Financiamento anual		R\$	56.880,00		
Despesas	R\$	170.000,00						
Investimento	R\$	170.000,00	Tempo	Despesas	Receitas	Fluxo de Caixa	FC em VP	VPL
Receita	R\$	35.881,34	0	-R\$ 170.000,00		-R\$ 170.000,00	-R\$ 170.000,00	-R\$ 170.000,00
TMA	5,00%		1		R\$ 35.881,34	R\$ 35.881,34	R\$ 34.172,70	-R\$ 135.827,30
Projeto é viável?	sim		2		R\$ 35.594,29	R\$ 35.594,29	R\$ 32.285,07	-R\$ 103.542,23
			3		R\$ 35.309,53	R\$ 35.309,53	R\$ 30.501,70	-R\$ 73.040,52
TMA	5,00%		4		R\$ 35.027,06	R\$ 35.027,06	R\$ 28.816,85	-R\$ 44.223,67
			5		R\$ 34.746,84	R\$ 34.746,84	R\$ 27.225,06	-R\$ 16.998,61
TMA = TX Desconto			6		R\$ 34.468,87	R\$ 34.468,87	R\$ 25.721,20	R\$ 8.722,59
			7		R\$ 34.193,12	R\$ 34.193,12	R\$ 24.300,41	R\$ 33.023,00
VPL	R\$	299.192,39	8		R\$ 33.919,57	R\$ 33.919,57	R\$ 22.958,10	R\$ 55.981,10
∑ FC em VP	R\$	299.192,39	9		R\$ 33.648,22	R\$ 33.648,22	R\$ 21.689,94	R\$ 77.671,04
			10		R\$ 33.379,03	R\$ 33.379,03	R\$ 20.491,83	R\$ 98.162,86
			11		R\$ 33.112,00	R\$ 33.112,00	R\$ 19.359,90	R\$ 117.522,76
			12		R\$ 32.847,10	R\$ 32.847,10	R\$ 18.290,49	R\$ 135.813,26
			13		R\$ 32.584,32	R\$ 32.584,32	R\$ 17.280,16	R\$ 153.093,42
			14		R\$ 32.323,65	R\$ 32.323,65	R\$ 16.325,64	R\$ 169.419,06
			15		R\$ 32.065,06	R\$ 32.065,06	R\$ 15.423,84	R\$ 184.842,90
			16		R\$ 31.808,54	R\$ 31.808,54	R\$ 14.571,86	R\$ 199.414,76
			17		R\$ 31.554,07	R\$ 31.554,07	R\$ 13.766,94	R\$ 213.181,70
			18		R\$ 31.301,64	R\$ 31.301,64	R\$ 13.006,48	R\$ 226.188,18
			19		R\$ 31.051,23	R\$ 31.051,23	R\$ 12.288,02	R\$ 238.476,20
			20		R\$ 30.802,82	R\$ 30.802,82	R\$ 11.609,26	R\$ 250.085,46
			21		R\$ 30.556,39	R\$ 30.556,39	R\$ 10.967,98	R\$ 261.053,44
			22		R\$ 30.311,94	R\$ 30.311,94	R\$ 10.362,13	R\$ 271.415,58
			23		R\$ 30.069,45	R\$ 30.069,45	R\$ 9.789,75	R\$ 281.205,33
			24		R\$ 29.828,89	R\$ 29.828,89	R\$ 9.248,98	R\$ 290.454,31
			25		R\$ 29.590,26	R\$ 29.590,26	R\$ 8.738,09	R\$ 299.192,39

Fonte: Próprio Autor.

De forma a verificar se o projeto é viável, torna-se importante analisar a Taxa Interna de Retorno.

### 5.1.2 Taxa interna de retorno (TIR)

TIR é a taxa de desconto para a qual a VPL do fluxo de caixa da alternativa (do projeto) em questão é nulo ao final do investimento (Conceitos, 2022).

A TIR de um projeto pode ser entendida como a remuneração do capital investido. É o retorno em função do investimento realizado, onde primeiro calculamos o valor presente líquido do projeto para depois encontrar a taxa de desconto para o qual o VPL do projeto se torne nulo (zero), no final da vida útil do projeto, no nosso caso em 25 anos.

Quando esse valor de TIR é encontrado (zerando o VPL ao final dos 25 anos) e, esse valor da TIR for maior que a TMA, o projeto pode ser aceito, sendo viável economicamente.

Em outras palavras eu vario a taxa de desconto (também conhecida como TIR),

de modo que o VPL se torne nulo (zerado).

Resumindo:

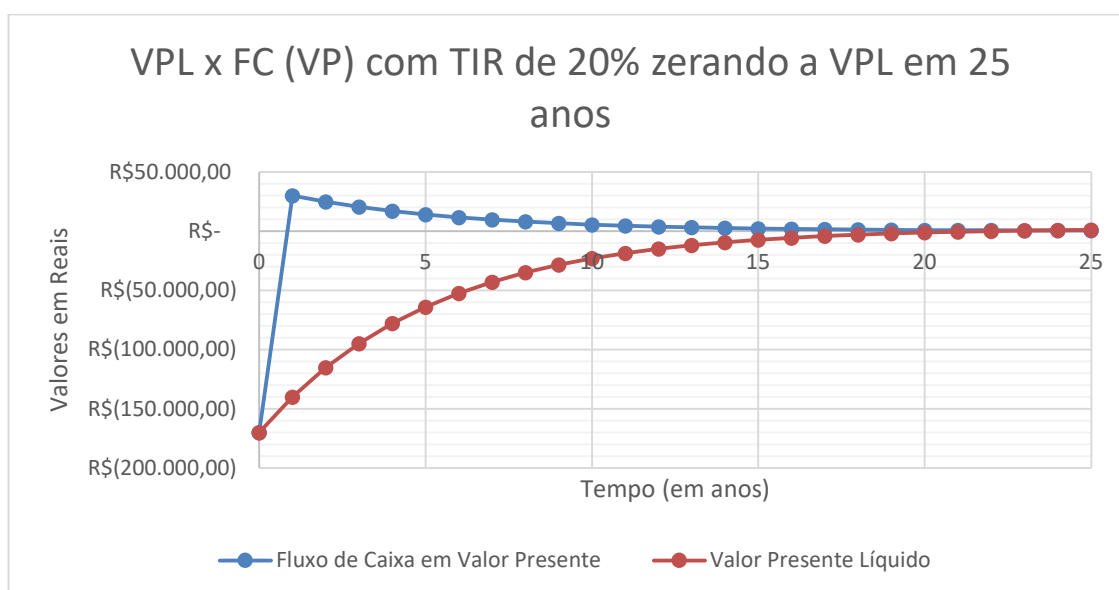
- $TIR > TMA$ , o projeto deve ser aceito (projeto viável);
- $TIR = TMA$ , é indiferente aceitar ou não projeto;
- $TIR < TMA$ , o projeto deve ser rejeitado, pois a empresa estará remunerando o capital investido menos que aquilo que você definiu como a taxa mínima de atratividade;

Em nosso estudo de caso o VPL é nulo (zerado) inserindo uma taxa TIR (taxa de desconto) de aproximadamente 20%. Para encontrar a TIR o VPL deve ser zerado e isso ocorre quando a TIR é de 20% aproximadamente ao final dos 25 anos de vida útil do projeto. Como a TIR de 20% é maior que a TMA de 5%, o projeto da Sulfiltros se demonstrou viável.

A TIR representa a remuneração do capital investido e, sendo ela maior que a TMA. Para esse investimento a rentabilidade do recurso investido foi maior do que a taxa mínima de atratividade esperada, portanto o projeto é viável economicamente.

A figura 30 abaixo mostra o VPL atingindo o zero com uma TIR de 20%, aproximadamente

**Figura 30 – TIR de 20% com VPL atingindo o valor nulo**



Fonte: Próprio Autor.

A figura 31 abaixo mostra os valores utilizados para a elaboração do gráfico acima na definição da TIR para zerar a VPL no ano 25

**Figura 31 – Demonstrativo dos valores utilizados para encontrar a TIR**

Investimento em SFV de 170 mil reais, tempo 25 anos		Economia Anual Inicial		R\$	35.881,34		
TMA de 4,25%		Financiamento anual		R\$	56.880,00		
Despesas	R\$ 170.000,00						
Investimento	R\$ 170.000,00	Tempo	Despesas	Receitas	Fluxo de Caixa	FC em VP	VPL
Receita	R\$ 35.881,34	0	-R\$ 170.000,00		-R\$ 170.000,00	-R\$ 170.000,00	-R\$ 170.000,00
TMA	5,00%	1		R\$ 35.881,34	R\$ 35.881,34	R\$ 29.901,12	-R\$ 140.098,88
Projeto é viável?	<b>Sim</b>	2		R\$ 35.594,29	R\$ 35.594,29	R\$ 24.718,26	-R\$ 115.380,63
<b>TIR &gt; TMA</b>		3		R\$ 35.309,53	R\$ 35.309,53	R\$ 20.433,76	-R\$ 94.946,87
TIR	20,00%	4		R\$ 35.027,06	R\$ 35.027,06	R\$ 16.891,91	-R\$ 78.054,96
		5		R\$ 34.746,84	R\$ 34.746,84	R\$ 13.963,98	-R\$ 64.090,98
		6		R\$ 34.468,87	R\$ 34.468,87	R\$ 11.543,55	-R\$ 52.547,43
		7		R\$ 34.193,12	R\$ 34.193,12	R\$ 9.542,67	-R\$ 43.004,76
VPL	R\$ 1.027,11	8		R\$ 33.919,57	R\$ 33.919,57	R\$ 7.888,61	-R\$ 35.116,15
	R\$ 1.027,11	9		R\$ 33.648,22	R\$ 33.648,22	R\$ 6.521,25	-R\$ 28.594,90
		10		R\$ 33.379,03	R\$ 33.379,03	R\$ 5.390,90	-R\$ 23.204,00
		11		R\$ 33.112,00	R\$ 33.112,00	R\$ 4.456,48	-R\$ 18.747,52
		12		R\$ 32.847,10	R\$ 32.847,10	R\$ 3.684,02	-R\$ 15.063,50
		13		R\$ 32.584,32	R\$ 32.584,32	R\$ 3.045,46	-R\$ 12.018,05
		14		R\$ 32.323,65	R\$ 32.323,65	R\$ 2.517,58	-R\$ 9.500,47
		15		R\$ 32.065,06	R\$ 32.065,06	R\$ 2.081,20	-R\$ 7.419,27
		16		R\$ 31.808,54	R\$ 31.808,54	R\$ 1.720,46	-R\$ 5.698,81
		17		R\$ 31.554,07	R\$ 31.554,07	R\$ 1.422,24	-R\$ 4.276,57
		18		R\$ 31.301,64	R\$ 31.301,64	R\$ 1.175,72	-R\$ 3.100,85
		19		R\$ 31.051,23	R\$ 31.051,23	R\$ 971,93	-R\$ 2.128,92
		20		R\$ 30.802,82	R\$ 30.802,82	R\$ 803,46	-R\$ 1.325,45
		21		R\$ 30.556,39	R\$ 30.556,39	R\$ 664,20	-R\$ 661,26
		22		R\$ 30.311,94	R\$ 30.311,94	R\$ 549,07	-R\$ 112,19
		23		R\$ 30.069,45	R\$ 30.069,45	R\$ 453,90	R\$ 341,71
		24		R\$ 29.828,89	R\$ 29.828,89	R\$ 375,22	R\$ 716,93
		25		R\$ 29.590,26	R\$ 29.590,26	R\$ 310,18	R\$ 1.027,11

Fonte: Próprio Autor.

Uma TMA imediatamente acima da TIR inviabiliza o projeto. Como a TIR do projeto é de 20%, qualquer valor de TMA acima desse valor inviabilizaria o projeto.

Fazendo a interpolação linear de valores entre 19 e 21% a TIR ficou em 20,13%.

### 5.1.3 Payback

Tempo de Payback ou simplesmente Payback é o tempo necessário para que se tenha o retorno sobre o investimento em um projeto. A partir do momento do payback, o projeto passa a ser vantajoso do ponto de vista financeiro.

O tempo de payback é visto como um indicador de risco de projeto, por isso todo plano de projeto ou novo negócio deve ter como prioridade minimizar seu

payback.

Temos dois tipos de paybak:

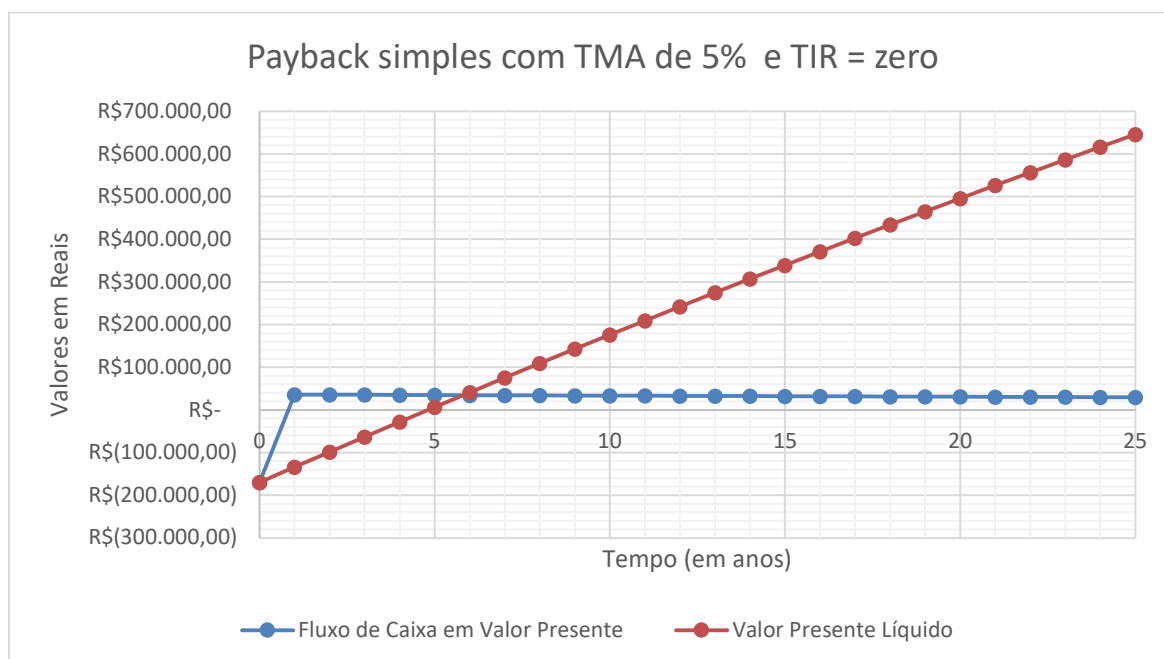
Payback Simples: calculado *sem* considerar o valor do dinheiro no tempo, ou seja, sem levar em consideração a taxa de desconto (TIR). Nesse caso calculamos o payback simples considerando a taxa de desconto igual a zero.

Para demonstrar graficamente o Payback Simples precisamos considerar a taxa de desconto igual a 0%. Nesse caso a curva do valor presente líquido cruza o eixo do tempo em aproximadamente 5 anos.

Na prática não podemos considerar o payback simples como referência pelo fato de termos uma taxa de juros anual onerando os produtos e os serviços ao longo do tempo, mas para exemplificar segue o gráfico 16 abaixo.

Nesse caso o payback simples ocorreria em 5 anos, mais precisamente em 4 anos e 8 meses.

**Figura 32 - Payback simples com TMA de 5% e TIR de 0%**



Fonte: Próprio Autor.

Payback Descontado: inclui os valores descontados para o valor presente por meio de uma taxa de juros, chamada de taxa mínima de atratividade. No caso igualamos a taxa interna de retorno a taxa mínima de atratividade do projeto para calcular o tempo de payback descontado, corrigindo os valores para o valor presente. Graficamente, quando a curva do valor presente líquido cruza o zero significa que

encontramos o tempo de payback. Vide figura 32 do valor presente líquido e payback descontado a uma TMA de 5%.

#### 5.1.4 Poupança

A poupança é uma sobra financeira e deve ser direcionada para algum tipo de investimento para que seja remunerada. A caderneta de poupança ou conta de poupança é um tipo de investimento. Ao poupar o investidor acumula valores financeiros no presente para serem utilizados no futuro. Os valores poupados no presente e investidos durante um, dois ou mais anos poderão fazer uma diferença na saúde financeira da empresa (BCB, 2023b).

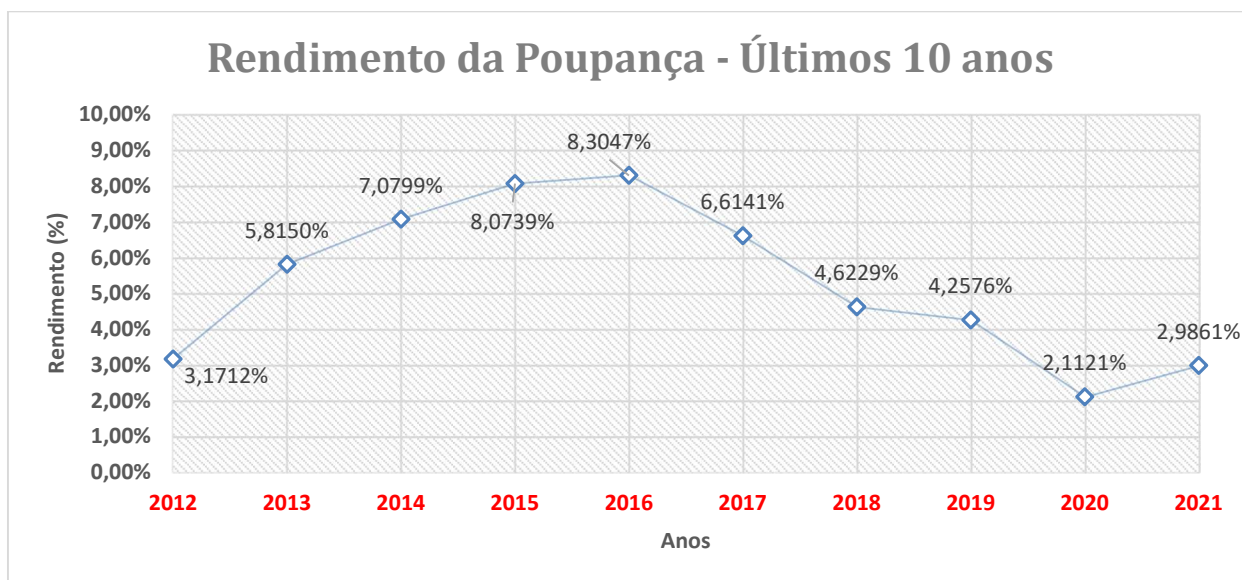
A poupança é a aplicação preferida pelos brasileiros. Segundo o Banco do Brasil (2022), trata-se de uma reserva financeira, guardada para uma finalidade futura, com rentabilidade definida por lei e que varia de acordo com a taxa Selic.

Para Pessoas Físicas, quando a Selic está acima de 8,5% ao ano, ela rende 0,5% ao mês + TR (Taxa Referencial). Quando é igual ou menor a 8,5%, rende 70% da meta Selic + TR. Aplicações feitas até 03/05/2012 são remuneradas a 0,5% ao mês + TR independentemente da taxa Selic (BB, 2022).

A metodologia para a correção da poupança segue a orientação do Banco Central do Brasil, onde os rendimentos da poupança são creditados mensalmente, na data equivalente à data de aplicação (data-base).

Dessa forma a aplicação não pode ser resgatada antes de seu aniversário (antes de chegar a sua primeira data base), senão não fará jus a correção esperada.

De acordo com o site Brasil Indicadores (BCB, 2022), nos últimos 10 anos, a média de rendimento anual da poupança ficou na casa de 5,30%, conforme figura 33 abaixo:

**Figura 33** – Rendimento anual da poupança nos últimos 10 anos no Brasil

**Fonte:** Próprio Autor.

Observamos que a taxa varia mensalmente e conseqüentemente a média anual varia, pois depende de vários fatores da economia, portanto para cálculo de qual será o rendimento da poupança no universo de 300 meses (25 anos), vamos utilizar a taxa média mensal de 0,441979% ao mês, baseado no histórico recente de 5,30375% ao ano.

Na simulação da poupança temos as seguintes previsões:

- Quantidade de meses: 300 meses que representa o tempo que o investidor espera permanecer na fase de acumulação, até passar à fase de fruição do que poupou;
- Taxa de rendimento de juros da poupança: 0,441979% ao mês que representa qual a expectativa de rendimento mensal de seus investimentos;
- Valor depositado inicialmente: 170.000,00 reais que se refere a valor que o investidor possui para investir;
- Aporte mensal: se refere a quanto você pode economizar a cada mês, ou seja, quanto sobra de seus rendimentos após as despesas e que você pretende poupar. No nosso caso esse aporte mensal será zero;

No exemplo a ser estudado, o valor de investimento a simular é de R\$ 170.000,00 (cento e setenta mil reais) com prazo de rendimento em 300 meses (25

anos), mesmo tempo de vida útil do SFV.

Para rendimento de 0,441979% ao mês e 5,30375% ao ano, fazemos o cálculo de valor futuro conforme a fórmula 7 abaixo:

$$VF = (VP) \times (1 + i)^n \quad (7)$$

onde:

- VP: valor presente, unidade de medida [Reais];
- VF: valor futuro, unidade de medida [Reais];
- i: taxa de juros, unidade de medida [%];
- n: número de períodos com tempo determinado, unidade de medida [meses ou anos];

$$VP = 170.000,00$$

$$I = 5,30375\% \text{ (média anual)}$$

$$n = \text{período de 25 anos}$$

$$VF = (170.000) \times (1 + 5,30375\%)^{25} = 618.792,23 \text{ reais} \quad (7)$$

Portanto se deixarmos o dinheiro aplicado na poupança, a uma taxa média anual de rendimento de 5,30375%, ao final dos 25 anos, que foi o período de análise, esse valor teria um rendimento de R\$ 448.792,23 reais, totalizando R\$ 618.792,20 reais.

Caso o investidor escolha em, ao invés de investir em um SFV, aplicar o dinheiro na poupança, ou em outra aplicação, como veremos na sequência dessa pesquisa, este deverá arcar com os valores das tarifas de energia de modo integral, ou seja, cerca de R\$ 54.305,00 ao ano aproximadamente, mais a correção de aumento de tarifa anual que, na média dos últimos 8 anos no Paraná foi de 9,4%. A correção no Paraná foi uma das menores do Brasil.

Lembrando que a tarifa de energia teve aumentos maiores que a inflação nos últimos 8 anos, com aumento acumulado de 103,38% contra 59,4% da inflação, ou seja, 42,54% maior.

Aplicando essas perspectivas de aumento na tarifa anual as despesas com energia elétrica temos os seguintes valores acumulados ao longo dos anos.

**Figura 34** – Projeção da evolução da tarifa ao longo de 25 anos considerando aumento médio de 9,4% ao ano

Ano	Média Aumento	Faturas
2020	9,40%	54.305,00
2021	9,40%	59.409,67
2022	9,40%	64.994,18
2023	9,40%	71.103,63
2024	9,40%	77.787,37
2025	9,40%	85.099,39
2026	9,40%	93.098,73
2027	9,40%	101.850,01
2028	9,40%	111.423,91
2029	9,40%	121.897,76
2030	9,40%	133.356,15
2031	9,40%	145.891,62
2032	9,40%	159.605,44
2033	9,40%	174.608,35
2034	9,40%	191.021,53
2035	9,40%	208.977,56
2036	9,40%	228.621,45
2037	9,40%	250.111,86
2038	9,40%	273.622,38
2039	9,40%	299.342,88
2040	9,40%	327.481,11
2041	9,40%	358.264,34
2042	9,40%	391.941,19
2043	9,40%	428.783,66
2044	9,40%	469.089,32
		<b>4.881.688,48</b>

**Fonte:** Próprio Autor.

Trazendo esse acumulado de valores a pagar com as faturas de energia elétrica nos próximos 25 anos para valor presente, temos os seguintes valores conforme quadro 5 abaixo.

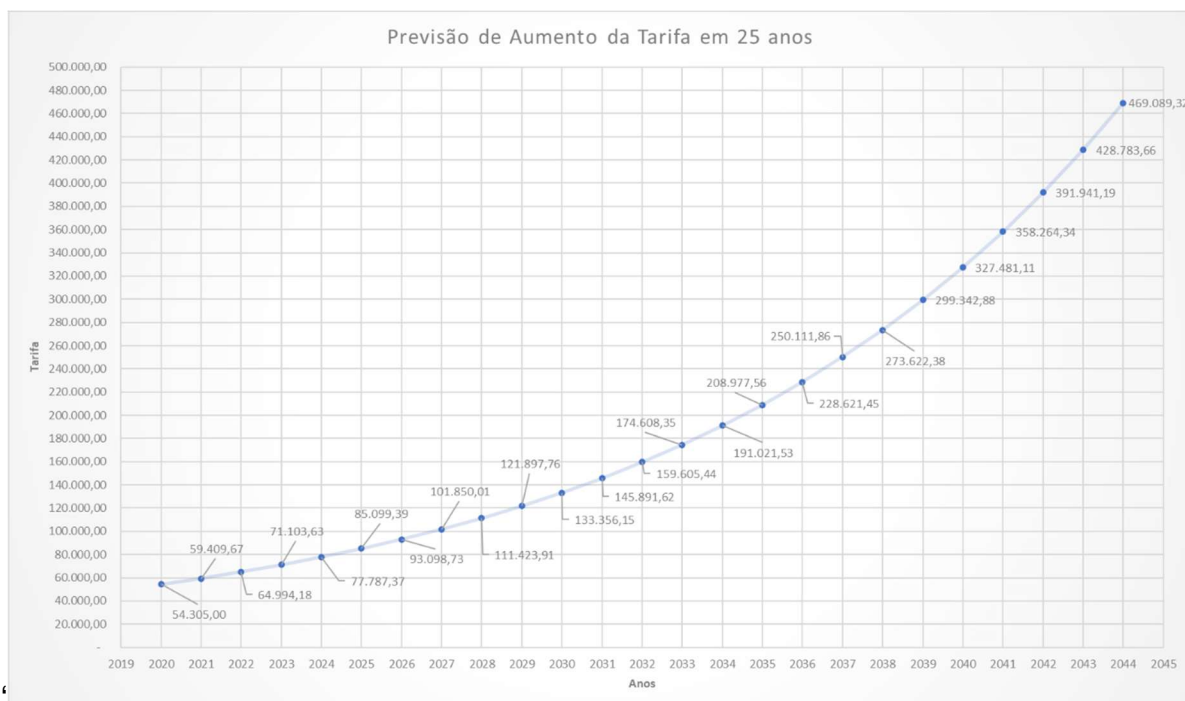
Na coluna 3 a média de aumento baseado no histórico dos últimos 8 anos, na coluna 3 a projeção dos valores anuais de fatura a pagar nos próximos anos, e na coluna 5 os mesmos valores da coluna 3 trazidos para valor presente.

**Figura 35** – Projeção das faturas futuras a pagar trazidas para valor presente

	Coluna 2	Coluna 3		Coluna 5
Ano	Média Aumento	Faturas	Tempo	Valor Presente
2020	9,40%	54.305,00	0	54.305,00
2021	9,40%	59.409,67	1	56.580,64
2022	9,40%	64.994,18	2	58.951,64
2023	9,40%	71.103,63	3	61.421,99
2024	9,40%	77.787,37	4	63.995,86
2025	9,40%	85.099,39	5	66.677,60
2026	9,40%	93.098,73	6	69.471,70
2027	9,40%	101.850,01	7	72.382,90
2028	9,40%	111.423,91	8	75.416,09
2029	9,40%	121.897,76	9	78.576,38
2030	9,40%	133.356,15	10	81.869,11
2031	9,40%	145.891,62	11	85.299,81
2032	9,40%	159.605,44	12	88.874,28
2033	9,40%	174.608,35	13	92.598,54
2034	9,40%	191.021,53	14	96.478,85
2035	9,40%	208.977,56	15	100.521,78
2036	9,40%	228.621,45	16	104.734,12
2037	9,40%	250.111,86	17	109.122,98
2038	9,40%	273.622,38	18	113.695,75
2039	9,40%	299.342,88	19	118.460,14
2040	9,40%	327.481,11	20	123.424,19
2041	9,40%	358.264,34	21	128.596,25
2042	9,40%	391.941,19	22	133.985,04
2043	9,40%	428.783,66	23	139.599,66
2044	9,40%	469.089,32	24	145.449,55
		<b>4.881.688,48</b>		<b>2.320.489,83</b>

**Fonte:** Próprio Autor.

No acumulado dos valores a pagar trazidos para valor presente temos o montante de R\$ 2.320.489,83 (dois milhões, trezentos e vinte mil reais, quatrocentos e oitenta e nove reais e noventa e três centavos). Considerando que o valor do investimento tivesse sido aplicado na poupança (170.000,00 reais), o rendimento em 25 anos seria de R\$ 618.792,20 reais (seiscentos e dezoito mil, setecentos e noventa e dois reais e vinte centavos), o consumidor ainda desembolsaria R\$ 1.701.697,70 (um milhão, setecentos e um mil, seiscentos e noventa e sete mil reais e setenta centavos).

**Figura 36 – Projeção de aumento das tarifas em 25 anos**

**Fonte:** Próprio Autor.

Nota-se que em 25 anos pagando a tarifa de energia, ao final do período, o consumidor terá pago o montante de R\$ 2.320.489,93 reais, valores já trazidos para valor presente, considerando os aumentos dos anos seguintes a 2020 até 2044 (universo de 25 anos).

Porém, se a opção for a de instalar o SFV, o cliente terá um investimento inicial de R\$ -170.000,00 reais e ao longo dos 25 anos de operação, teria um fluxo de caixa positivo acumulado, já descontando o investimento, de R\$ 299.192,39 reais, mostrando que é viável economicamente investir em energia solar, que se pagará entre o 5º e o 6º ano após o investimento ao invés de investir esses R\$ 170.000,00 na poupança.

**Figura 37 – Valor considerando a unidade sem o SFV e com o SFV**

Sem SFV		Com SFV	
Poupança	R\$ 618.792,2	Investimento	-R\$ 170.000,00
Tarifa	-R\$ 2.320.489,93	VPL	R\$ 299.192,29
<b>Saldo</b>	<b>-R\$ 1.701.697,70</b>	<b>Saldo</b>	<b>R\$ 299.192,29</b>

**Fonte:** Próprio Autor.

### 5.1.5 Outras aplicações

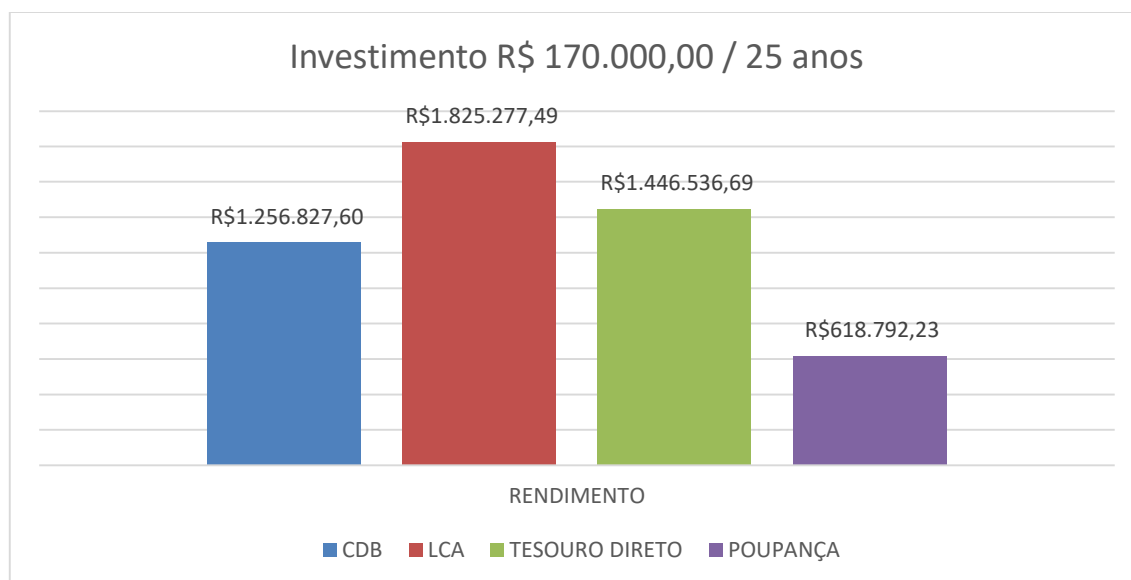
Comparando a aplicação em poupança com outras aplicações financeiras disponíveis no mercado financeiro brasileiro e para que tenhamos uma noção de qual aplicação é mais vantajosa ao investidor, identificamos no mercado atual algumas opções.

Segundo a Toro Investimento (Análise, 2023), instituição financeira autorizada a funcionar pelo Banco Central do Brasil, a poupança é segura e tem proteção do FGC (Fundo Garantidor de Créditos), porém é pouco rentável e seus benefícios não são exclusivos.

Existem outras opções de investimento, tais como CDB, Tesouro Selic, Fundo DI, LCI e LCA, Tesouro Préfixado, Tesouro IPCA+ (Calculadora, 2023).

Para o valor do investimento de R\$ 170.000,00 com prazo de 25 anos, os rendimentos nas aplicações CDB, LCA, Tesouro Direto e a própria poupança estão conforme gráfico abaixo. Nota-se que todos os três investimentos simulados (CDB, LCA e Tesouro Direto) proporcionam um rendimento maior que a poupança em 25 anos de aplicação, de acordo com a Toro Investimento (Análise, 2023).

**Figura 38** – Rendimentos das aplicações CDB, LCA, Tesouro Direto e Poupança



Fonte: Próprio Autor.

## 5.2 Análise dos Dados Obtidos

Com base na planilha abaixo foram analisados os dados para as devidas conclusões de modo a compreender a análise financeira desse investimento.

**Figura 39** – Valores analisados para a definição da viabilidade do investimento

Investimento em SFV de 170 mil reais, tempo 25 anos			Economia Anual Inicial		R\$	35.881,34		
TMA de 4,25%			Financiamento anual		R\$	56.880,00		
Despesas	R\$	170.000,00						
Investimento	R\$	170.000,00	Tempo	Despesas	Receitas	Fluxo de Caixa	FC em VP	VPL
Receita	R\$	35.881,34	0	-R\$ 170.000,00		-R\$ 170.000,00	-R\$ 170.000,00	-R\$ 170.000,00
TMA	5,00%		1		R\$ 35.881,34	R\$ 35.881,34	R\$ 34.172,70	-R\$ 135.827,30
Projeto é viável?	sim		2		R\$ 35.594,29	R\$ 35.594,29	R\$ 32.285,07	-R\$ 103.542,23
			3		R\$ 35.309,53	R\$ 35.309,53	R\$ 30.501,70	-R\$ 73.040,52
TMA	5,00%		4		R\$ 35.027,06	R\$ 35.027,06	R\$ 28.816,85	-R\$ 44.223,67
			5		R\$ 34.746,84	R\$ 34.746,84	R\$ 27.225,06	-R\$ 16.998,61
TMA = TX Desconto			6		R\$ 34.468,87	R\$ 34.468,87	R\$ 25.721,20	R\$ 8.722,59
			7		R\$ 34.193,12	R\$ 34.193,12	R\$ 24.300,41	R\$ 33.023,00
VPL	R\$	299.192,39	8		R\$ 33.919,57	R\$ 33.919,57	R\$ 22.958,10	R\$ 55.981,10
∑ FC em VP	R\$	299.192,39	9		R\$ 33.648,22	R\$ 33.648,22	R\$ 21.689,94	R\$ 77.671,04
			10		R\$ 33.379,03	R\$ 33.379,03	R\$ 20.491,83	R\$ 98.162,86
			11		R\$ 33.112,00	R\$ 33.112,00	R\$ 19.359,90	R\$ 117.522,76
			12		R\$ 32.847,10	R\$ 32.847,10	R\$ 18.290,49	R\$ 135.813,26
			13		R\$ 32.584,32	R\$ 32.584,32	R\$ 17.280,16	R\$ 153.093,42
			14		R\$ 32.323,65	R\$ 32.323,65	R\$ 16.325,64	R\$ 169.419,06
			15		R\$ 32.065,06	R\$ 32.065,06	R\$ 15.423,84	R\$ 184.842,90
			16		R\$ 31.808,54	R\$ 31.808,54	R\$ 14.571,86	R\$ 199.414,76
			17		R\$ 31.554,07	R\$ 31.554,07	R\$ 13.766,94	R\$ 213.181,70
			18		R\$ 31.301,64	R\$ 31.301,64	R\$ 13.006,48	R\$ 226.188,18
			19		R\$ 31.051,23	R\$ 31.051,23	R\$ 12.288,02	R\$ 238.476,20
			20		R\$ 30.802,82	R\$ 30.802,82	R\$ 11.609,26	R\$ 250.085,46
			21		R\$ 30.556,39	R\$ 30.556,39	R\$ 10.967,98	R\$ 261.053,44
			22		R\$ 30.311,94	R\$ 30.311,94	R\$ 10.362,13	R\$ 271.415,58
			23		R\$ 30.069,45	R\$ 30.069,45	R\$ 9.789,75	R\$ 281.205,33
			24		R\$ 29.828,89	R\$ 29.828,89	R\$ 9.248,98	R\$ 290.454,31
			25		R\$ 29.590,26	R\$ 29.590,26	R\$ 8.738,09	R\$ 299.192,39

Fonte: Próprio Autor.

O tempo de 25 anos se refere ao ciclo de vida do sistema solar.

As despesas se referem ao investimento inicial do projeto que ocorreu no ano zero, ou seja, em 2020.

As receitas somam toda a economia ao longo dos anos com economia da fatura de energia, descontados 0,8% ao ano ao longo de sua vida útil pois a eficiência dos painéis sofre, decréscimo de 20% ao longo de todo o seu ciclo de vida.

O fluxo de caixa é a diferença entre receitas e despesas.

A taxa mínima de atratividade está considerando no mínimo a taxa SELIC, que no momento em 2020 se encontrava em 4,25%, livre de inflação para efeito de cálculo. Porém por imposição, no desenvolvimento do raciocínio da análise, utilizados uma TMA de 5%.

O valor presente líquido (VPL) é o acumulado ao longo do tempo do fluxo de caixa corrigido para valor presente, ou seja, no ano zero você tem R\$ - 170.000,00 reais de dívida, que é a dívida inicial. No ano um sua dívida caiu para R\$ 135.827,30, e assim sucessivamente. No final da vida útil do SFV o saldo do VPL ficou positivo, no caso em R\$ 299.192,39, mostrando que foi rentável ao longo da sua operação.

Já a TIR que é a taxa de desconto para a qual o VPL se torna nulo no final dos 25 anos apresentou valor em torno de 20%, sendo maior que a TMA de 5%, mostrando que o projeto é viável para o investidor.

Portanto a TIR (20%) é maior que TMA (5%), tornando o projeto aceitável.

Como a remuneração do capital investido (que é representada pela TIR, de 20% nesse caso), foi maior que a taxa mínima de atratividade (TMA de 5%), o projeto foi considerado viável.

### 5.3 LEI 14.300 DE JANEIRO DE 2022 E REN Nº 1059 DE FEVEREIRO DE 2023

Publicada em fevereiro de 2023, a REN Aneel nº 1059 regulamenta a Lei nº 14.300 de janeiro de 2023, que institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS), altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e a 9.427 de 26 de dezembro de 1996 (BRASIL, 2022).

O principal ponto dessa lei é a mudança do sistema de compensação de crédito de energia, ou seja, ela informa e dá as diretrizes de como será o tratamento dado para o excedente de energia que é injetado na rede da distribuidora e como isso retorna para o cliente em forma de desconto na conta de luz.

No art. 27 da Lei nº 14.300 de janeiro de 2023 consta o escalonamento da cobrança do Fio B. Lembrando que o fio B é responsável pela remuneração da concessionária pela distribuição dessa energia.

A TUSD Fio B é um componente tarifário específico do grupo B. Ela compõe a sua tarifa. A sigla TUSD significa (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição), e o termo "Fio B" se refere à categoria da tarifa relacionada ao uso dos fios e cabos de distribuição de energia elétrica da distribuidora (Brasil, 2022).

Porém nem todos se enquadram nessa mudança, pois os consumidores foram separados em três grupos: GD I, GD II e GD III.

A GD I é onde se enquadra a Sulfiltros, pois a sua conexão foi solicitada até o

dia 7 de janeiro de 2023. Elas possuem direito adquirido e não vão seguir as regras da nova resolução normativa.

As conexões GD II são as solicitadas a partir do dia 8 de janeiro de 2023 e que não se enquadram na GD III.

Já na GD III são aqueles consumidores de energia que se enquadram os pedidos feitos após 8 de janeiro, com potência instalada maior de 500kW.

A Sulfiltros instalou seu SFV antes dessa lei, mas, para quem iniciar o seu processo de homologação a partir do dia 7/1/2023, já estará sujeito às novas regras da Lei 14.300 de compensação do Fio B. Atualmente, ou seja, após 8 de janeiro de 2023, quem solicita conexão paga o Fio B na conta de energia de forma escalonada conforme valores informados no art. 27 da Lei nº 14300:

- 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 (Brasil, 2022).

Isso significa que a compensação não será tão vantajosa como no início do sistema de compensação, que teve início com a REN nº 482/2012.

Segundo a Aneel (2023), a taxa referente ao fio B no Paraná ficou em 25%.

Para termos um parâmetro da diferença entre o antes e o depois da Lei 14.300, a unidade consumidora possui um crédito anual referente a energia elétrica compensada de R\$ 12.775,00 reais. Com o passar dos anos o SFV perde em média 0,8% de eficiência, ao final dos 25 anos, ou seja, no ano 25, a unidade terá uma perspectiva de crédito de R\$ 10.453,15. Isso corresponde a uma média anual de injeção de 18.811 kWh.

A tarifa da energia medida é de R\$ 0,761 centavos e da energia compensada é de R\$ 0,6155. Com a aplicação da Lei 14.300, esses valores tem incidência de 15% por ano, a partir de 2023, até 2029. Com isso os valores a serem descontados por kWh referente a parcela do fio B que inicialmente é de R\$ 0,19025 centavos irá chegar ao seu valor inicial de 100% em 2029, ou seja, o consumidor perderá totalmente o desconto em 2029, remunerando a concessionária em 100% referente a parcela do fio B sob a energia compensada.

Em 2023 a redução será de R\$ 0,0285375 centavos, em 2024 será de R\$ 0,057075, e assim sucessivamente ao longo dos anos até igualar ao valor inicial de R\$ 0,19025 centavos.

**Figura 40 – Redução do valor do kWh a partir da Lei 14300**

Fio B	Lei nº 14.300						
	15% em 2023	30% em 2024	45% em 2025	60% em 2026	75% em 2027	90% em 2028	100% em 2029
25%	0,0285375	0,057075	0,0856125	0,11415	0,1426875	0,171225	0,19025

Fonte: Próprio Autor.

Isso significa que para cada kWh de energia injetada na rede o consumidor vai pagar a concessionária, em 2023, cerca de R\$ 0,0285375 centavos. Numa projeção de cenário, caso a Sulfiltros estivesse na nova Lei 14.300, onde sua média de injeção anual é de 18.811 kWh, pagaria os valores conforme figura 41 abaixo.

**Figura 41 – Valor pago referente ao fio B a partir de 2023**

Lei nº 14.300						
TUSD						
2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
R\$ 536,82	R\$ 1.073,63	R\$ 1.610,45	R\$ 2.147,27	R\$ 2.684,08	R\$ 3.220,90	R\$ 3.578,78

Fonte: Próprio Autor.

Houve uma redução de benefício em função da nova Lei 14.300 de R\$ 82.848,71 reais conforme figura 42 abaixo.

**Figura 42 – Antes e Depois da Lei 14.300**

	<b>ANTES LEI</b>	<b>APÓS LEI</b>
Crédito	Crédito	Crédito
em kWh	em R\$	em R\$
20.760	12.777,78	12.240,96
20.594	12.675,61	11.601,97
20.429	12.574,05	10.963,60
20.266	12.473,72	10.326,46
20.104	12.374,01	9.689,93
19.943	12.274,92	9.054,02
19.783	12.176,44	8.597,66
19.625	12.079,19	8.500,41
19.468	11.982,55	8.403,78
19.312	11.886,54	8.307,76
19.158	11.791,75	8.212,97
19.004	11.696,96	8.118,18
18.852	11.603,41	8.024,63
18.702	11.511,08	7.932,30
18.552	11.418,76	7.839,98
18.404	11.327,66	7.748,88
18.256	11.236,57	7.657,79
18.110	11.146,71	7.567,93
17.965	11.057,46	7.478,68
17.822	10.969,44	7.390,66
17.679	10.881,42	7.302,65
17.538	10.794,64	7.215,86
17.397	10.707,85	7.129,08
17.258	10.622,30	7.043,52
17.120	10.537,36	6.958,58
16.983	10.453,04	6.874,26
	<b>R\$ 301.031,20</b>	<b>R\$ 218.182,49</b>
	Redução	R\$ 82.848,71

**Fonte:** Próprio Autor.

Portanto com a entrada da nova Lei nº 14.300 o consumidor de energia terá uma perda com relação aos seus créditos pois a taxaçoão gradativa com início em 2023 afeta diretamente seus benefícios de microgerador de energia elétrica.

Não é o caso da Sulfiltros pois essa análise foi realizada apenas para fazermos um comparativo nos dois cenários, antes e depois da Lei nº 14.300.

## 6 CONCLUSÃO

Pode ser avaliado através deste estudo a viabilidade técnica e econômica de um SFV como alternativa de redução de custos em uma instalação industrial atendida em baixa tensão no estado do Paraná, cidade de Rolândia, por meio de um estudo de caso.

Para essa análise de viabilidade foram utilizados parâmetros financeiros como valor presente líquido, o payback descontado, taxa mínima de atratividade e a taxa interna de retorno, comparadas com o investimento em poupança.

No ano anterior a instalação do SFV a empresa consumiu um montante de energia de 66.645 kWh. No ano seguinte a instalação do SFV o consumo foi de 40.900 kWh, representando uma redução de 38,63%. O fator de simultaneidade dessa unidade se equiparou a média nacional, ficando em 33%.

Ao final de sua vida útil o sistema ter um saldo positivo acumulado de R\$ 299.192,39, ao contrário da opção de investimento em poupança onde o saldo ao final dos 25 anos seria negativo em R\$ -4.262.896,25 reais, pois o rendimento da aplicação seria inferior as despesas com energia elétrica, tornando o investimento em energia solar mais viável economicamente do que o investimento em poupança. As aplicações em CDB, LCA e Tesouro Direto se demonstraram mais atrativas que a poupança, porém todas elas menos atrativas que o investimento no sistema solar de geração de energia.

Para uma TMA de 5% o payback simples ocorreu em aproximadamente 5 anos após o investimento, mais precisamente em 4 anos e 8 meses. Considerando o payback descontado o mesmo ocorreu entre o quinto e sexto ano após o investimento, mais precisamente em 5 anos e 8 meses.

Para uma TIR de 20,13% a VPL se torna nula ao final dos 25 anos de vida útil do projeto. Como a TIR de 20,13% é maior que a TMA de 5% o projeto se demonstrou viável.

O projeto é viável no ponto de vista técnico e no ponto de vista econômico, onde o emprego de energia solar em empresas com atividade industrial tem potencial de aumentar a competitividade destes estabelecimentos, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável, cada vez mais exigido pelo mercado e pela sociedade como um todo.

Além de reduzir custos e de apresentar viabilidade técnica e econômica positiva para a empresa Sulfiltros, a energia solar vem se tornando uma das mais importantes fontes de energias renováveis entre os usuários de energia, gerando benefícios para a população e para o meio ambiente.

A instalação do SFV não recorreu em ônus a empresa com a relação ao espaço para instalação dos módulos solares pois os mesmos foram instalados no telhado do baracão industrial, nem em necessidade de licença ambiental pois, até um Mega Watt de potência de geração distribuída solar (1 MW), o licenciamento ambiental não é compulsório.

A compensação da energia injetada na rede da concessionária não zerou totalmente a conta de energia elétrica pois todo consumidor de energia realiza mensalmente o pagamento da taxa mínima para a concessionária de energia, chamada taxa de disponibilidade do sistema e iluminação pública.

Ainda existem alguns desafios que precisam ser superados para que o potencial da energia solar seja plenamente aproveitado no Brasil. Uma das principais barreiras é a falta de investimentos em infraestrutura e tecnologia, bem como a falta de políticas públicas claras e estáveis que apoiem o desenvolvimento da indústria.

Este trabalho serve de base para eventuais melhorias futuras no sistema instalado, caso a empresa julgue necessário, podendo, inclusive, compensar os kWh excedentes em outras unidades de mesma titularidade.

Sobre a Lei 14.300/2022 e a REN ANEEL nº 1059/2023, elas trouxeram mudanças significativas para o grupo B, que é o caso da Sulfiltros. Embora a intenção da lei fosse estabelecer critérios mais específicos para o faturamento das unidades consumidoras, o estudo revelou que elas levantaram questões relacionadas à isonomia e aos direitos dos consumidores.

A nova Lei nº 14.300 proporciona uma redução nos benefícios do microgerador de energia elétrica em aproximadamente 30% baseado na simulação realizada acima.

## REFERÊNCIAS

ABEL, David de Campos; TAVARES, Teresinha Francisca Conter; ARAÚJO, Rafael Leite; SANTOS, Carlos Alberto Frantz. Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação de energia solar fotovoltaica no hotel praiano. *In*: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 21., 2019, São Paulo. **Anais**. São Paulo: FEAUSP, 2019. p. 1-11.

ABRADEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas de energia elétrica**: Estado de Minas – marco delgado. Brasília, DF: ABRADDEE, 2023. Disponível em: <https://www.abradee.org.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/>. Acesso em: 26 ago. 2023.

ABRADEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Visão geral do setor elétrico**. Brasília, DF: ABRADDEE, 2023. Disponível em: <https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor/>. Acesso em: 26 ago. 2023.

ABREU FILHO, José Carlos Franco; CURY, Quintella Marcus Vinícius. **Análise de projetos de investimentos**: FGV management gestão financeira. Rio de Janeiro: FGV, 2018. 92 p. Disponível em: [http://marcusquintella.com.br/sig/lib/uploaded/clipping/An\\_lise\\_de\\_Projetos\\_Apostila\\_Texto.pdf](http://marcusquintella.com.br/sig/lib/uploaded/clipping/An_lise_de_Projetos_Apostila_Texto.pdf). Acesso em: 3 mar. 2023.

ABSOLAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. São Paulo: ABSOLAR, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 8 abr. 2023.

ANÁLISE de investimentos. **Toro Blog**, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://blog.toroinvestimentos.com.br/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Análise do impacto regulatório da tarifa**. Brasília, DF: ANEEL, 2018. Disponível em: [https://git.aneel.gov.br/publico/centralconteudo/-/raw/main/manuaisinstrucoes/air/Modelo\\_AIR\\_SGT\\_Tarifa\\_Binomia.pdf](https://git.aneel.gov.br/publico/centralconteudo/-/raw/main/manuaisinstrucoes/air/Modelo_AIR_SGT_Tarifa_Binomia.pdf). Acesso em: 10 mar. 2023.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Aplicações. Brasília, DF: ANEEL, 2022. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes\\_liferay/tarifa/](https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes_liferay/tarifa/). Acesso em: 26 out. 2022.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e minigeração distribuída**. 2. ed. Brasília, DF: ANEEL, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 10 dez. 2022.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2023.

**Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021.** Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 26 ago. 2023.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015.** Regras de Microgeração e Minigeração de Energia Elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2015. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2023.

BB - BANCO DO BRASIL. **Poupança.** Brasília, DF: BB, 2022. Disponível em: <https://www.bb.com.br/site/investimentos/poupanca/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

BCB - BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Aplicações financeiras.** Brasília, DF: BCB, 2023a. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/>. Acesso em: 24 maio 2023.

BCB - BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório da poupança.** Brasília, DF: BCB, 2023b. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/relatoriopoupanca/>. Acesso em: 20 maio 2023.

BCB - BANCO CENTRAL DO BRASIL. Rendimento atual, acumulado e histórico da Poupança. **Brasil Indicadores**, Brasília, 2022. Disponível em: <https://brasilindicadores.com.br/poupanca/>. Acesso em: 30 mar. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 5, p. 4, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 26 ago. 2023.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Conheça as Instituições do setor elétrico e suas competências relativas a energia.** Brasília, DF: MME, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/conheca-as-instituicoes-do-setor-eletrico-brasileiro-e-as-competencias-de-cada-uma>. Acesso em: 17 out. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira.** Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletricabrasileira>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Nova edição de caderno sobre geração distribuída é lançado pela Aneel.** Brasília DF: MME, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/nova-edicao-de-caderno-sobre-geracao-distribuida-e-lancado-pela-aneel>. Acesso em: 26 ago. 2023.

CALCULADORA de aplicações financeiras. **Valor Investe**, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://infograficos.valor.globo.com/calculadoras/calculadora-de-renda-fixa.html> Acesso em: 24 ago. 2023

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Custo da energia elétrica para a indústria**. Brasília, DF: CNI, 17 nov. 2021. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/>. Acesso em: 13 out. 2022.

CONCEITOS diversos. **Faz a Conta**, 2022. Disponível em: <https://fazaconta.com/>. Acesso em 06 nov. 2022.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. Alerta de crise hídrica e os impactos para o mercado de energia elétrica. Curitiba: **Copel Mercado Livre**, 2022a. Disponível em: <https://copelmercadolivre.com/alerta-de-crise-hidrica-e-os-impactos-para-o-mercado-de-energia/>. Acesso em: 14 out. 2022.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e mini geração**: sistema de compensação de energia elétrica. Curitiba: Copel, 2022b. Disponível em: <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/poder-publico/micro-e-mini-geracao/>. Acesso em: 22 out. 2022.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas de energia elétrica**. Curitiba: Copel, 2022c. Disponível em: <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 26 out. 2022.

CRECESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. **Tutorial sobre geração heliotérmica do Cresesb**. Rio de Janeiro: CRECESB, 2012. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 27 out. 2022.

ENTENDA a eficiência do painel solar. **SolaVista**, Paulista, PE, 2021. Disponível em: <https://www.solavistaenergy.com.br/entenda-a-eficiencia-do-painel-solar>. Acesso em: 31 out. 2023.

ENTENDA tudo sobre o fator de capacidade. **Blog Energês**, [s. l.], 20 jul. 2020. Disponível em: <https://energes.com.br/fator-de-capacidade/>. Acesso em: 8 jan. 2023.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz energética e elétrica**. Brasília, DF: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 16 out. 2022.

FGV - FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **O planejamento e o futuro do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: FGV, 2022. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/noticias/o-planejamento-e-o-futuro-do-setor-eletrico-brasileiro/>. Acesso em: 17 out. 2022.

FIEP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO PARANÁ. **Indicadores de custos industriais**. Curitiba: FIEP, 2022. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/indicador-de-custos-industriais/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

FRANCO, Antonio Carlos. **Análise de viabilidade econômico-financeira de energia fotovoltaica em parques industriais**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

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

IEA - INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlook 2021**. Paris: IEA, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>. Acesso em: 27 jun. 2022.

KAMIMURA, Camille Ayume de Melo; MARGOTO, Olivia Helena; DELGADO JUNIOR, Wesley Tacconi; SOUZA, Diego Gonzales; COELHO FILHO, Paulo Dantas. Novas fontes de energias aplicadas no contexto brasileiro: uma revisão bibliográfica sistemática. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 38., 2018, Maceio. **Anais**. São Paulo: ABEPRO, 2018.

LUNELLI, Luiz Reinaldo. Análise de Investimentos. **Portal da Contabilidade**, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/analiseinvestimentos.htm>. Acesso em: 30 out. 2022.

MENDONÇA, Waley Ana. **Metodologia para estudo de caso**. Palhoça, SC: Unisul Virtual, 2014. (Livro Didático).

MESQUITA, Lediane Ferreira. Uso da energia solar para geração de energia. *In*: FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR, 8., 2019, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, 2019. Disponível em: [https://ecoinovar.submissao.com.br/8ecoinovar/anais/resumo.php?cod\\_trabalho=280%3E.%20Acesso%20em:%2020%20fev.%202022](https://ecoinovar.submissao.com.br/8ecoinovar/anais/resumo.php?cod_trabalho=280%3E.%20Acesso%20em:%2020%20fev.%202022). Acesso em: 1 set. 2023.

OLSEN, Natasha. O que acontece com um painel solar quando termina sua vida útil? **ArchDaily Brasil**, [s.l.], 27 set. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/948299/o-que-acontece-com-um-painel-solar-quando-termina-sua-vida-util>. Acesso em: 31 out. 2023.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. **O sistema elétrico em números**. Brasília, DF: ONS, 2021. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em 10 nov. 2023.

PEREIRA, Leonardo. O que é a TIR e como calcular. **Dicionário Financeiro**, [S. l.:s .n., 2022]. Disponível em: <https://www.dicionariofinanceiro.com/tir-taxa-interna-retorno/> Acesso em: 1 nov. 2022.

PRATES, Wlademir Ribeiro. Qual a diferença entre payback simples e descontado?. **Ciência e Negócios**, [s. l.], 4 maio 2016. Disponível em: <https://cienciaenegocios.com/qual-e-a-diferenca-entre-payback-simples-e-descontado/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

PROPEQ. **Análise de viabilidade técnico econômico**. Campinas: PROPEQ, 2021. Disponível em: <https://propeq.com/analise-de-viabilidade-tecnico-economica/>.

Acesso em: 2 nov. 2022.

RODRÍGUEZ GÓMEZ, J. M.; CARLESSO, F.; VIEIRA, L. E.; SILVA, L. da. A irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/DfZGpdWH53yHvvj9kwjMqqt/?lang=pt>. Acesso em: 30 dez. 2022.

SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. Um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG. *In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA*, 13., 2022, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: AEDB, 2022.

SILVA, Francisco David Mota. **Projeto de miniusina solar fotovoltaica para o centro de intendência da marinha em Natal** (CeIMNa). 2018. 149 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Energia Elétrica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

SOUZA, Gabriela Romana; PENHA, Roberto Silva. **Viabilidade econômica de um projeto de investimento de energia fotovoltaica**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis) - Centro de Ciências Contábeis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020

SULFILTROS. Rolândia: Sulfiltros, 2022. Disponível em: <https://sulfiltros.com.br>. Acesso em: 26 out. 2022.

TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE. *In: DICIONÁRIO financeiro*. [S. l.:s. n., 2022]. Disponível em: <https://www.dicionariofinanceiro.com/tma-taxa-minima-de-atratividade/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

TÉCNICA de valor presente líquido. **Blog Aprendendo Gestão**, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://aprendendogestao.com.br/>. Acesso em: 16 jul. 2023.

TEMPO de payback. **Faz a Conta**, 2022. Disponível em: <https://fazaconta.com/payback.htm>. Acesso em: 1 nov. 2022. FAZ A CONTA 22A

VIEIRA NETO, José; VENANCIO, Vinicius de Carvalho; BUIATTI, Gustavo Malagoli; BOTELHO, Frederico Kos; NUNES, Henrique Menezes; CORREA, Remington Phelipe da Silva; CARVALHO, Rafael Silva; ANDRADE, Rodrigo Latuf. Estudos dos impactos econômicos: financeiros causados pela revisão da ren nº482/2012 em um instalação solar fotovoltaica. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR*, 8., 2020, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza:ABENS, 2020.

VINTURINI, Mateus. Entendendo as especificações básicas dos componentes da string box. **CANAL SOLAR**, Campinas, 22 set. 2019. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/entenda-as-especificacoes-basicas-string-box/>. Acesso em: 24 ago. 2023.