

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

VINÍCIUS MATTIOLI VIOLADA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2020

VINÍCIUS MATTIOLI VIOLADA

## **ANÁLISE DE VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTÁICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao curso superior de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Cleverson Flor da Rosa

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2020



**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Campus Cornélio Procópio**  
**Departamento Acadêmico de Elétrica**  
**Curso de Engenharia Elétrica**



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Vinicius Mattioli Violada**

**Análise de Viabilidade na Implantação de Sistema Fotovoltaico**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 14:00hs do dia 15/10/2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista no programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof(a). Dr(a). Cleverson Flor da Rosa - Presidente (Orientador)

---

Prof(a). Me(a). Josieli Soares dos Santos - (Membro)

---

Prof(a). Dr(a). Wagner Fontes Godoy - (Membro)

A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do curso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me guiado até aqui, concedendo proteção, saúde e discernimento para a realização de toda a graduação, assim como o presente trabalho.

À minha família, especialmente ao meu irmão que sempre foi fonte de inspiração para mim, aos meus pais, que concederam todo o apoio necessário durante todos esses anos para que essa etapa da minha vida fosse concluída com sucesso, nunca medindo esforços para me ajudar e sempre acreditar em mim e à minha irmã que sempre me guiou os melhores caminhos lá do céu.

Aos meus amigos e colegas de sala, que foram companheiros durante as atividades e trabalhos acadêmicos realizados durante o período da graduação.

Ao DAELT, que me proporcionou a oportunidade de trabalhar em grupo e poder ajudar a desenvolver vários projetos que beneficiaram tanto estudantes como moradores da cidade de Cornélio Procópio.

Aos meus amigos do JUMAS, especialmente meus irmãos do grupo *VERUM*, que compartilharam comigo momentos inesquecíveis tanto de espiritualidade como vinculação que foram fundamentais no meu autoconhecimento e me ajudaram a tentar sempre ser uma pessoa melhor.

Aos meus amigos e companheiros de time do SECA FC, que dividiram comigo diversos momentos de alegria por meio do esporte, contribuindo para a saúde estar sempre em dia e ajudar a esquecer os momentos de dificuldade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cleverson Flor da Rosa, que além de ser um excelente orientador durante o desenvolvimento do trabalho, também foi um grande amigo que sempre se mostrou disposto a ajudar para que tudo fosse realizado da melhor maneira possível.

E a todas as pessoas que ajudaram no desenvolvimento e a realização do presente trabalho, tal como de toda a graduação. Sempre irei lembrar com carinho de cada um vocês.

## RESUMO

VIOLADA, Vinícius Mattioli. **ANÁLISE DE VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO**. 2020. 24f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2020.

Com o mundo cada vez mais tecnológico e sustentável, a busca por novas fontes de energia tem sido uma tendência nos últimos anos. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica pode ser considerada como uma das principais opções, dado que apresenta um número de vantagens muito grande quando comparada com suas desvantagens. Este trabalho apresenta um estudo sobre eficiência energética e análise de viabilidade na implantação de sistemas fotovoltaicos para redução de custos. Por meio dos métodos de análise de viabilidade de projeto e com os dados de um sistema residencial instalado na cidade de Cornélio Procópio-PR, foi possível prever em quanto tempo o consumidor terá um retorno do investimento realizado. Visto que um sistema fotovoltaico é totalmente sustentável e possui vida útil mínima de 25 anos, é possível concluir a total viabilidade do sistema estudado, uma vez que o retorno sobre os investimentos acontecerá em aproximadamente 6 anos e o sistema ainda irá trazer descontos na conta de energia do consumidor por no mínimo mais 18 anos.

**Palavras-chave:** Energia elétrica. Eficiência energética. Sistema fotovoltaico. Análise de viabilidade.

## ABSTRACT

VIOLADA, Vinícius Mattioli. **FEASIBILITY ANALYSIS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEM IMPLANTATION**. 2020. 24 f. Final Paper – Electric Engineer. Federal Technology University of Paraná. Cornélio Procópio, 2020.

With the world becoming more and more technological and sustainable, the search for new energy sources has been a trend in the last years. In this context, the photovoltaic solar energy can be considered as one of the main options, given that it has a very large number of advantages when compared to its disadvantages. This work presents a study on energy efficiency and feasibility analysis in the implementation of photovoltaic systems to reduce costs. Through methods of project feasibility analysis and information from a residential system installed in the city of Cornélio Procópio-PR, it was possible to predict the time that consumer will have a return of the investment made. Since a photovoltaic system is totally sustainable and has a minimum useful life time of 25 years, it's possible to conclude the total viability of the studied system, since the return on investments will happen in approximately 6 years and the system will also bring discounts to the energy consumers account's for at least 18 years.

**Keywords:** Electrical energy. Energy efficiency. Photovoltaic system. Feasibility analysis.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Consumo de energia elétrica no Brasil.....	9
<b>Figura 2:</b> Sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil até 2018.....	10
<b>Figura 3:</b> Fluxograma das atividades propostas.....	17

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Vantagens e desvantagens da energia solar .....	10
<b>Tabela 2:</b> Características do sistema fotovoltaico residencial instalado .....	18
<b>Tabela 3:</b> Valores mensais de energia elétrica e economia calculada. ....	19
<b>Tabela 4:</b> Fluxos de caixa e saldos simples e descontado ano a ano. ....	20
<b>Tabela 5:</b> Taxa anual utilizada e resultados obtidos. ....	20



## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>TIR</b>	Taxa Interna de Retorno
<b>TMA</b>	Taxa Mínima de Atratividade
<b>VPL</b>	Valor Presente Líquido

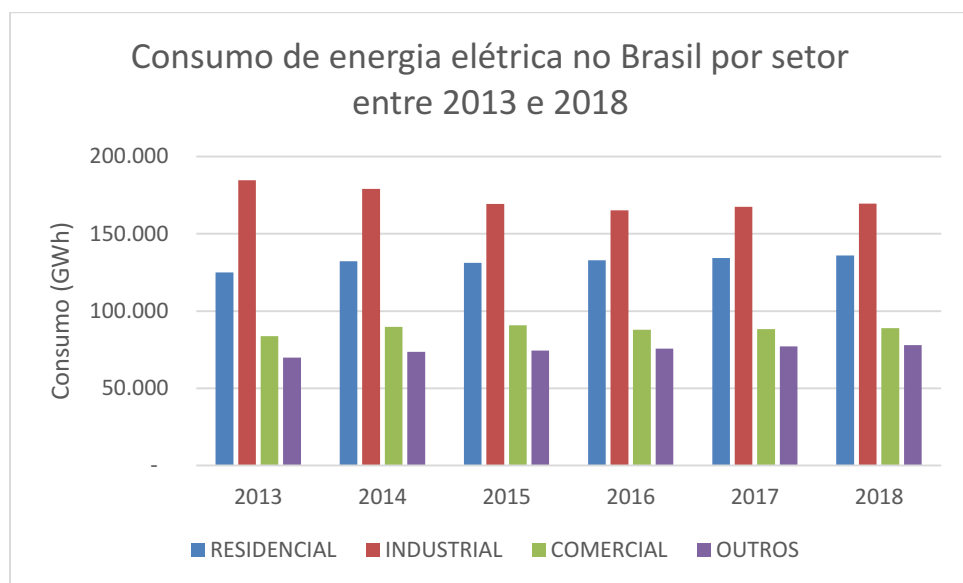
## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
2.1	Objetivo geral	11
2.2	Objetivos específicos	11
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
4.1	Eficiência energética	13
4.2	Sistema fotovoltaico	13
4.2.1	Sistema fotovoltaico residencial	14
4.2.2	Sistema fotovoltaico comercial	14
4.2.3	Sistema fotovoltaico industrial	15
4.3	Análise de viabilidade de projeto	15
4.3.1	<i>Payback</i> simples	15
4.3.2	<i>Payback</i> descontado	16
4.3.3	Valor presente líquido	16
4.3.4	Taxa interna de retorno	16
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS OBTIDOS</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico, a energia elétrica é hoje um fator imprescindível para a vida humana. Na Figura 1 é possível observar o consumo de energia elétrica no Brasil nos últimos anos, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018).

**Figura 1: Consumo de energia elétrica no Brasil**



Fonte: Adaptado de (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Desde o final de 2012, a energia solar no Brasil é a mais nova opção para quem tem pretensão de produzir a sua própria energia e, isso é possível mediante a instalação e utilização dos sistemas fotovoltaicos.

Devido as grandes vantagens para os consumidores de energia elétrica, a tecnologia fotovoltaica desenvolve-se a passos largos em nosso país.

As vantagens de se utilizar a energia solar são bem maiores quando comparadas com suas desvantagens, como pode ser comprovado na tabela a seguir.

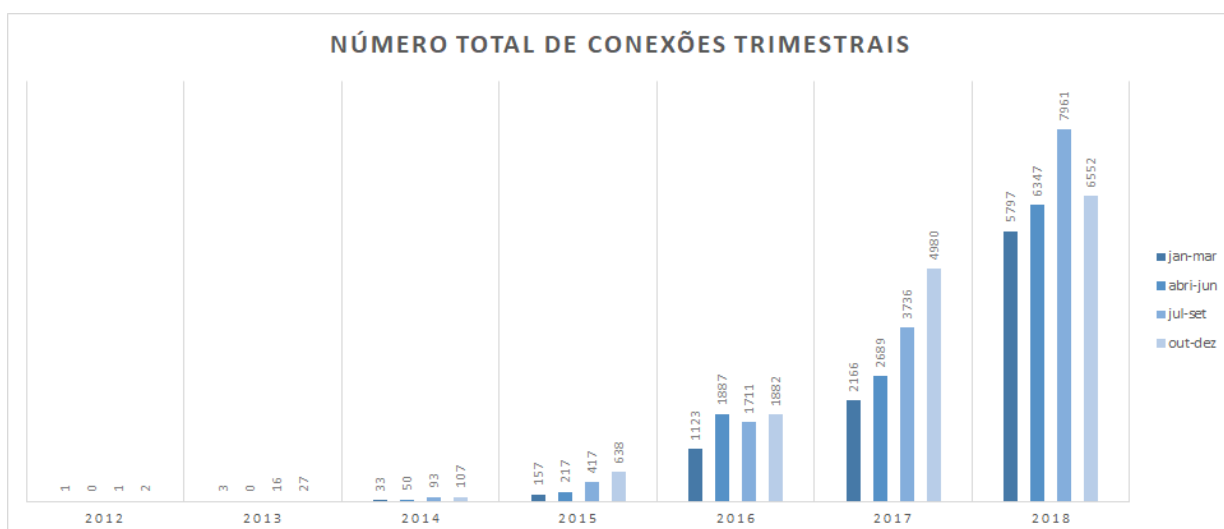
Tabela 1: Vantagens e desvantagens da energia solar

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Totalmente renovável e infinita	Não pode ser utilizada durante a noite
Pode ser utilizada em áreas remotas onde não existe energia	Para o armazenamento de energia, faz-se necessário o uso de baterias, encarecendo o sistema
Silenciosa	
Manutenção pequena e barata	
Fácil instalação	
Não é poluente	

Fonte: Adaptado de (Portal Solar, 2019).

Atualmente, no Brasil utiliza-se a energia solar fotovoltaica em residências, comércios, indústrias e por meio de usinas de energia solar. Como é possível observar na Figura 2, em 2018, o setor distribuído de energia fotovoltaica finalizou o ano com quase 49 mil sistemas instalados, com a previsão de chegar em 2020 com aproximadamente 174 mil e até o fim de 2024 com cerca de 887 mil sistemas instalados (COLAFERRO, 2018).

Figura 2: Sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil até 2018



Fonte: Adaptado de (Blue Sol Energia Solar, 2018).

De acordo com a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), foram instalados cerca de 2,6 mil novos sistemas no ano de 2018 e mais de 7,7 mil em 2019 no Paraná.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho consiste em analisar a viabilidade de instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência.

### **2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos do trabalho consistem em:

- Analisar os diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos;
- Prever a viabilidade técnica de instalação do sistema fotovoltaico;
- Analisar a viabilidade econômica;
- Projetar o tempo que os investimentos vão trazer retorno ao consumidor.

### 3 JUSTIFICATIVA

Visto que o aumento do consumo de energia elétrica impacta diretamente nos custos da energia, a implantação de um sistema fotovoltaico é uma boa opção para se reduzir custos a longo prazo, além de ser um sistema que não gera emissão de gases que contribuem para o efeito estufa.

A energia solar está diretamente ligada com a busca pelo desenvolvimento sustentável, visto que o sol é uma fonte renovável, inesgotável e gratuita de energia. Além do mais, nosso país conta com um recurso solar de excelente qualidade durante todo o ano, o que favorece a sua aplicação e viabilidade (SOLAR BRASIL, 2018).

Também leva-se em conta que o efeito fotovoltaico não produz nenhum tipo de resíduo, caracterizando a energia solar como uma fonte limpa e ecológica que evita a queima de combustíveis fósseis e consequentemente a emissão de gases na atmosfera (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2017).

Além do mais, o presente trabalho poderá contribuir com informações para a área de energia solar e sistemas fotovoltaicos, visto que os resultados obtidos podem ser utilizados como parâmetro para possíveis futuros consumidores que optarem por instalar um sistema fotovoltaico residencial afim de obter descontos na conta de energia elétrica e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Por fim, este trabalho contribui com a possibilidade de realizar novas pesquisas que possam fazer um comparativo com sistemas maiores, tais como comerciais e industriais.

## **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo serão abordados os assuntos referentes à eficiência energética, os tipos de sistemas fotovoltaicos existentes e modelos existentes para a análise de viabilidade de projetos.

### **4.1 Eficiência energética**

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), eficiência energética é fazer mais com menos energia. O objetivo deste conceito é melhorar o uso das fontes de energia, utilizando-se de uma forma eficiente para a obtenção de determinado resultado. Por definição, a eficiência energética representa a relação entre a quantidade de energia aproveitada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

Levando em conta a sustentabilidade, a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) busca difundir a utilização da energia solar, visto que a mesma leva em conta a preservação de recursos naturais sem prejudicar as futuras gerações, além de proporcionar economia e impulsionar negócios.

A energia é uma matéria prima que sustenta processos e transformações com o objetivo de se chegar em um resultado final. Identificar esse resultado por meio do uso da energia, é um fator importante para que seja capaz de gerenciar o consumo. A partir do momento em que essa analogia é definida, pode-se avaliar em fazer-se um processo mais eficiente, consumindo menos energia para obter o mesmo resultado. (BARROS, 2015).

### **4.2 Sistema fotovoltaico**

O sistema fotovoltaico é um sistema capaz de gerar energia elétrica por meio da radiação solar. Este sistema tem como base a utilização de painéis fotossensíveis que são capazes de transformar a energia dos raios do sol em corrente elétrica. Pode ser utilizado em residências, no comércio e na indústria.

O sistema fotovoltaico, possui quatro componentes básicos:

- Painel solar, responsável pela transformação de energia solar em energia elétrica

- Controlador de carga, tem a função de evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando assim sua vida útil e desempenho
- Inversor, tem a função de transformar os 12V de corrente contínua das baterias em 110V, 220V, ou qualquer outra tensão desejada em corrente alternada.
- Bateria, responsável por armazenar energia elétrica para manter o sistema em funcionamento quando não há sol, como por exemplo em dias chuvosos ou durante a noite.

Existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos: O *off-grid* e *on-grid*.

O sistema *off-grid* é um sistema isolado, pois funciona de maneira independente da rede elétrica, geralmente fazendo o uso de baterias para o armazenamento da energia acumulada. Já o sistema *on-grid*, é um sistema que é conectado junto a rede elétrica. (NEOSOLAR, 2018).

#### 4.2.1 Sistema fotovoltaico residencial

O sistema fotovoltaico residencial é aquele que possui potência de 1 kwp até 10 kwp. Este tipo de sistema é capaz de produzir uma parte ou até toda a energia que é consumida dentro de uma residência, podendo gerar uma grande economia na conta de energia elétrica.

Para realizar o cálculo do tamanho do sistema a ser instalado, utiliza-se como base o consumo médio mensal de energia elétrica em kWh, a área disponível para receber o sistema fotovoltaico com as placas e a localidade geográfica do local (PORTAL SOLAR, 2019).

#### 4.2.2 Sistema fotovoltaico comercial

O sistema fotovoltaico comercial funciona de maneira igual ao sistema fotovoltaico residencial, ou seja, é capaz de gerar parte ou toda a energia consumida no comércio.

Para realizar o cálculo do sistema a ser utilizado, também utiliza-se como base o consumo médio mensal de energia elétrica, a área disponível e a localidade geográfica.



A diferença entre o sistema fotovoltaico comercial para o sistema residencial, é que neste tipo de sistema a potência instalada varia entre 10kwp e 100kwp, ocupando uma área entre 65 e 700m<sup>2</sup> (PORTAL SOLAR, 2019).

#### 4.2.3 Sistema fotovoltaico industrial

O sistema fotovoltaico industrial funciona exatamente como os sistemas fotovoltaicos residenciais e comerciais, possibilitando a geração parcial ou total da energia consumida na indústria.

O que difere o sistema fotovoltaico industrial dos demais, é que neste tipo de sistema a potência instalada varia entre 100kwp e 1000kwp, ocupando uma área de instalação entre 650 e 7000m<sup>2</sup> (PORTAL SOLAR, 2019).

### 4.3 Análise de viabilidade de projeto

A análise de viabilidade de um projeto baseia-se em realizar uma avaliação a partir de técnicas e ferramentas com o objetivo de verificar a disponibilidade de recursos e o seu possível lucro em determinadas atividades. Com isso, é possível descobrir o tempo necessário para obter-se o retorno do investimento e avaliar validade do mesmo (PRATES, 2016).

Atualmente, existem alguns modelos para a análise de viabilidade de projetos, como por exemplo o *payback* simples, *payback* descontado, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR).

#### 4.3.1 *Payback* simples

A análise de viabilidade através do método do *payback* simples considera o tempo de retorno do capital investido, sem considerar o valor do capital no tempo. Este método consiste em acumular os valores das entradas dos primeiros períodos até que o valor acumulado seja igual ao valor do investimento. Esse ponto é chamado de período de *payback* (PRATES, 2016).

#### 4.3.2 *Payback* descontado

A principal diferença da análise de viabilidade através do método do *payback* descontado em relação ao modelo *payback* simples é que este método considera o efeito do tempo em relação ao dinheiro, portanto utilizam-se valores descontados por meio de uma taxa de juros. Essa taxa é relacionada com fluxos de caixas futuros e esse cálculo faz-se necessário devido à desvalorização do dinheiro e a inflação (PRATES, 2016).

#### 4.3.3 Valor presente líquido

O valor presente líquido (VPL) refere-se ao acúmulo de todos os valores de um fluxo de caixa, descontados para data focal zero, ou data presente, utilizando-se como taxa de desconto a taxa mínima de atratividade.

O VPL representa a diferença entre as receitas e os vencimentos de um dado projeto, além de mostrar o ganho do projeto em relação a TMA para um cenário igual à duração do mesmo. RASOTO et al. (2012).

#### 4.3.4 Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno é a taxa que anula o valor presente líquido de um fluxo de caixa e deve ser entendida como medida de risco da decisão.

O risco de o projeto retornar um valor menor do que a aplicação financeira do capital investido para a taxa mínima de atratividade aumenta à medida que a mesma aproxima-se da taxa interna de retorno. Deste modo, a TIR determina uma modificação da TMA, de forma que um determinado projeto alcance um lucro maior do que a simples aplicação na TMA. RASOTO et al. (2012).

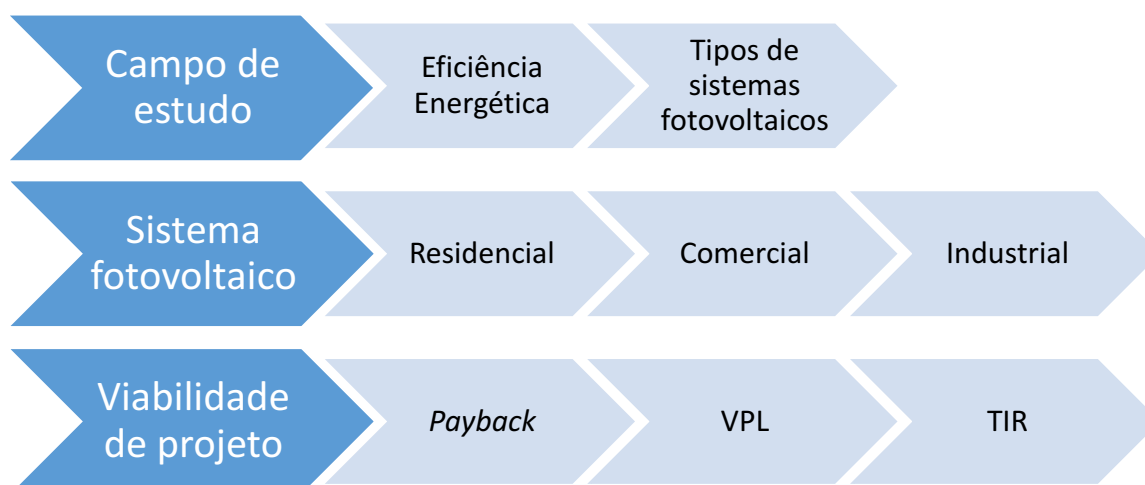
## 5 METODOLOGIA

Levando-se em conta a importância da sustentabilidade e da eficiência energética, o presente trabalho busca por meio da análise de viabilidade na implantação de um sistema fotovoltaico uma possível solução para contribuir com esses fatores.

Para o referencial teórico do trabalho utiliza-se a pesquisa bibliográfica, caracterizada pela consulta a materiais já elaborados, constituídos principalmente de livros e artigos científicos. Para o desenvolvimento, onde foi realizada uma análise de dados de um sistema fotovoltaico instalado em uma residência, utiliza-se a pesquisa documental, caracterizada pela consulta a materiais que ainda não receberam tratamento analítico e nem foram reelaborados de acordo com objetos de pesquisa. Esses materiais podem ser encontrados nas mais diversas fontes, como por exemplo em instituições privadas, relatórios de pesquisa e tabelas estatísticas. (GIL, 2002).

Após o estudo dos temas considerados mais relevantes para o melhor desenvolvimento do presente trabalho, o fluxograma presente na Figura 3 apresenta as etapas desenvolvidas.

**Figura 3: Fluxograma das atividades propostas**



**Fonte: Autoria Própria.**

## 6 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS OBTIDOS

Após realizar o levantamento dos sistemas fotovoltaicos existentes e os métodos de análise de viabilidade de projeto, foi possível realizar um estudo mais aprofundado em um sistema residencial.

De acordo com uma convenção mundial que define um padrão de duração média para painéis solares, o tempo de vida útil de um sistema fotovoltaico é de aproximadamente 25 anos. Isso se deve ao fato do sistema perder até 3% de sua eficiência no primeiro ano de uso e 0,7% a cada ano seguinte. Portanto, após 25 anos de uso o sistema estará operando em 80% de sua capacidade máxima de geração. (HCC ENERGIA SOLAR, 2018).

O sistema em questão, foi instalado no ano de 2018 na cidade de Cornélio Procopio-PR. Trata-se de um sistema residencial, onde moram 4 pessoas. Os dados do sistema, que estão dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2: Características do sistema fotovoltaico residencial instalado**

POTÊNCIA INSTALADA	1,5 kW
ÁREA DO SISTEMA	11m <sup>2</sup>
QUANTIDADE DE PLACAS	6
POTÊNCIA DE CADA PLACA	330 W
POTÊNCIA TOTAL	1,98 kW

Fonte: Autoria Própria.

Além do mais, foram fornecidas todas as faturas mensais de energia elétrica nos anos de 2018 e 2019 para que o estudo pudesse ser realizado. Com os valores das contas de energia, foi possível calcular a economia anual e projetar o retorno dos investimentos para 25 anos de funcionamento do sistema. As faturas mensais de energia elétrica e a economia calculada encontram-se na Tabela 3.

**Tabela 3: Valores mensais de energia elétrica e economia calculada.**

MÊS/ANO	VALOR DA CONTA DE ENERGIA	MÊS/ANO	VALOR DA CONTA DE ENERGIA	ECONOMIA
jan/18	R\$339,66	jan/19	R\$ 87,87	R\$251,79
fev/18	R\$340,69	fev/19	R\$ 115,04	R\$225,65
mar/18	R\$369,87	mar/19	R\$ 104,53	R\$265,34
abr/18	R\$344,22	abr/19	R\$ 105,51	R\$238,71
mai/18	R\$325,42	mai/19	R\$ 105,46	R\$219,96
jun/18	R\$365,64	jun/19	R\$ 117,06	R\$248,58
jul/18	R\$540,78	jul/19	R\$ 90,02	R\$450,76
ago/18	R\$414,21	ago/19	R\$ 90,51	R\$323,70
set/18	R\$422,14	set/19	R\$ 91,24	R\$330,90
out/18	R\$430,40	out/19	R\$ 94,05	R\$336,35
nov/18	R\$434,96	nov/19	R\$ 120,17	R\$314,79
dez/18	R\$427,15	dez/19	R\$ 111,62	R\$315,53
<b>TOTAL</b>	<b>R\$4.755,14</b>	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.233,08</b>	<b>R\$3.522,06</b>

Fonte: Autoria Própria.

Analisando a Tabela 3, é possível perceber que após a instalação do sistema fotovoltaico em sua residência, o consumidor obteve uma economia anual de R\$3522,06 no ano de 2019 em relação à 2018. Contudo, utilizou-se para os cálculos o valor de R\$3500,00 em uma projeção de 25 anos. Isso se deve ao fato de que esta diferença de R\$22,06 ao ano, ou ainda R\$551,50 ao longo dos 25 anos, representa um valor aproximado que o consumidor deverá ter com o sistema para efetuar a limpeza do mesmo ou ainda pequenos reparos, que possam garantir o melhor desempenho de funcionamento do seu sistema.

Portanto, a partir dos métodos de análise de viabilidade de projeto é possível prever em quanto tempo o consumidor terá o retorno sobre o investimento realizado. De acordo com o mesmo, o valor total do sistema já instalado foi de R\$18000,00. Então, com o auxílio da ferramenta *Excel* e de suas funções, foi possível realizar o cálculo de *payback* simples, *payback* descontado, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR). Os valores dos fluxos de caixa e saldo encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Fluxos de caixa e saldos simples e descontado ano a ano.

ANO	FLUXO	SALDO	FLUXO DESCONTADO	SALDO DESCONTADO
0	-R\$18.000,00	-R\$18.000,00	-R\$18.000,00	-R\$18.000,00
1	R\$3.500,00	-R\$14.500,00	R\$3.333,33	-R\$14.666,67
2	R\$3.500,00	-R\$11.000,00	R\$3.174,60	-R\$11.492,06
3	R\$3.500,00	-R\$7.500,00	R\$3.023,43	-R\$8.468,63
4	R\$3.500,00	-R\$4.000,00	R\$2.879,46	-R\$5.589,17
5	R\$3.500,00	-R\$500,00	R\$2.742,34	-R\$2.846,83
6	R\$3.500,00	R\$3.000,00	R\$2.611,75	-R\$235,08
7	R\$3.500,00	R\$6.500,00	R\$2.487,38	R\$2.252,31
8	R\$3.500,00	R\$10.000,00	R\$2.368,94	R\$4.621,24
9	R\$3.500,00	R\$13.500,00	R\$2.256,13	R\$6.877,38
10	R\$3.500,00	R\$17.000,00	R\$2.148,70	R\$9.026,07
11	R\$3.500,00	R\$20.500,00	R\$2.046,38	R\$11.072,45
12	R\$3.500,00	R\$24.000,00	R\$1.948,93	R\$13.021,38
13	R\$3.500,00	R\$27.500,00	R\$1.856,12	R\$14.877,51
14	R\$3.500,00	R\$31.000,00	R\$1.767,74	R\$16.645,24
15	R\$3.500,00	R\$34.500,00	R\$1.683,56	R\$18.328,80
16	R\$3.500,00	R\$38.000,00	R\$1.603,39	R\$19.932,19
17	R\$3.500,00	R\$41.500,00	R\$1.527,04	R\$21.459,23
18	R\$3.500,00	R\$45.000,00	R\$1.454,32	R\$22.913,55
19	R\$3.500,00	R\$48.500,00	R\$1.385,07	R\$24.298,62
20	R\$3.500,00	R\$52.000,00	R\$1.319,11	R\$25.617,74
21	R\$3.500,00	R\$55.500,00	R\$1.256,30	R\$26.874,03
22	R\$3.500,00	R\$59.000,00	R\$1.196,47	R\$28.070,51
23	R\$3.500,00	R\$62.500,00	R\$1.139,50	R\$29.210,01
24	R\$3.500,00	R\$66.000,00	R\$1.085,24	R\$30.295,25
25	R\$3.500,00	R\$69.500,00	R\$1.033,56	R\$31.328,81

Fonte: Autoria Própria.

A partir do valor investido pelo consumidor para a instalação do sistema fotovoltaico em sua residência e da economia anual gerada pelo mesmo, é possível verificar em quanto tempo o retorno acontecerá. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 5, juntamente com a taxa anual utilizada.

Tabela 5: Taxa anual utilizada e resultados obtidos.

TAXA ANUAL	5%
PAYBACK SIMPLES	5,142857143
PAYBACK DESCONTADO	6,090007625
VPL	R\$13.168,65
TIR	13,53%

Fonte: Autoria Própria.

Para o *payback* simples, utilizou-se para os cálculos as colunas 2 e 3 da Tabela 4, representadas por fluxo e saldo respectivamente. Por meio dos resultados obtidos no *Excel*, é possível observar que o retorno acontecerá em 5,14 anos. Convertendo este valor, temos que o tempo de retorno deste investimento é de 5 anos, 1 mês e 21 dias.

Já para o *payback* descontado, utilizou-se para os cálculos as colunas 4 e 5 da Tabela 4, caracterizadas pelo fluxo e saldo descontados, além considerar uma taxa de anual que representa a desvalorização do dinheiro ano a ano. Para tal, considerou-se uma taxa de 5% ao ano e o resultado foi um *payback* de 6,09 anos, ou ainda 6 anos, 1 mês e 2 dias.

Após o período de *payback*, toda a geração do sistema será compensado em créditos e desconto na conta de energia para o consumidor, visto que o valor do custo inicial de instalação já será compensado pelas economias mensais obtidas.

Em relação ao VPL, obteve-se um valor de R\$ 13168,65, mediante aos fluxos descontados. Como este é um valor positivo, representa que as receitas são maiores do que os custos, tornando então o sistema economicamente viável.

A TIR obtida foi de 13,53%, valor positivo que comprova retorno de investimento para o consumidor e também a viabilidade de instalação do sistema.

Para a realização dos cálculos alguns fatores não foram considerados, como por exemplo o aumento tarifário no período e o possível aumento do consumo após a instalação do sistema para a residência em questão.

Levando em consideração os últimos anos, o histórico de reajuste tarifário mostra que houve um aumento na tarifa de energia elétrica. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou por meio da Resolução 2559/19, vigente desde 24/06/2019 um reajuste tarifário anual médio de 3,41% no ano de 2019. Antes disso, a ANEEL havia aprovado mediante a Resolução 2402/2018 um reajuste tarifário anual médio de 15,99% no ano de 2018. (COPEL, 2019).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento do presente trabalho, foi possível realizar a viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência. Os objetivos estipulados no início do trabalho foram prontamente atingidos, visto que foi possível analisar a viabilidade econômica do sistema instalado, além de projetar em quanto tempo o consumidor terá um retorno em relação ao investimento realizado.

Do ponto de vista sustentável e econômico, pode-se perceber que um sistema fotovoltaico é uma ótima opção pra quem deseja gerar sua própria energia e reduzir custos na conta de energia elétrica, visto que não é um sistema poluente para o meio ambiente e traz um retorno em um curto espaço de tempo.

De acordo com o *payback* simples, o retorno será em 5 anos, 1 mês e 21 dias, no entanto esse método não considera o efeito do tempo em relação ao dinheiro. Utilizando o *payback* descontado e uma taxa de 5% ao ano, o retorno será em 6 anos, 1 mês e 2 dias. Levando em consideração que o tempo de vida útil de um sistema fotovoltaico é de no mínimo 25 anos, o mesmo ainda irá gerar caixa com rendimento de até 80% por no mínimo 18 anos e 11 meses. Após esse período o sistema ainda continuará funcionando e retornando créditos, porem com um rendimento menor.

A principal desvantagem de um sistema fotovoltaico é o valor do custo de instalação, que não é acessível para algumas classes da população.

Portanto, de acordo com os resultados obtidos, acredita-se que o presente trabalho teve um resultado satisfatório, visto que a análise de viabilidade de na implantação de um sistema fotovoltaico residencial foi concluída com sucesso e de forma confiável, corroborando o que foi afirmado por (COLAFERRO, 2018) e os conteúdos presentes em (SOLSTÍCIO ENERGIA, 2017), (SOLAR BRASIL, 2018) e (PORTAL SOLAR, 2019): que o mesmo é sistema sustentável com muitas vantagens e que irá trazer retorno a médio prazo para o consumidor.

Espera-se que o presente trabalho possa contribuir com informações para o melhor entendimento de possíveis futuros consumidores em relação ao funcionamento e o tempo de retorno de um sistema fotovoltaico residencial, além de servir como base na hora da decisão por uma possível instalação do mesmo em sua residência. Fica também como sugestão para trabalhos futuros a possibilidade de estudo de sistemas fotovoltaicos comerciais, industriais e do reajuste tarifário anual de energia elétrica.



## REFERÊNCIAS

- ABESCO. **O que é eficiência energética?** Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee>>. Acesso 03 outubro 2019.
- ABSOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica: Panorama, Oportunidades e Desafios.** Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/10184/15266087/painel+3+ap+7+2017.10.19+ABSOLAR+-+Energia+Solar+Fotovoltaica+-+Dr.+Rodrigo+Lopes+Sauaia.pdf/54f8b161-751b-0639-bd04-77a60cac45c3>>. Acesso 22 outubro 2019.
- ANEEL. **Programa de Eficiência energética. 2017.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso 18 outubro 2019.
- ANEEL. **RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº2.402, DE 18 DE JUNHO DE 2018.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20192559ti.pdf>>. Acesso 11 setembro 2020.
- ANEEL. **RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº2.559, DE 18 DE JUNHO DE 2019.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20192559ti.pdf>>. Acesso 11 setembro 2020.
- AUTOSSUSTENTÁVEL. **Energia Solar: Um caminho para a sustentabilidade.** Disponível em: <<http://autossustentavel.com/2018/03/energia-solar-caminho-para-sustentabilidade.html>>. Acesso 20 outubro 2019
- BARROS, Benjamin Ferreira. **Eficiência Energética - Técnicas de aproveitamento, Gestão de Recursos e fundamentos.** 1.ed. Érica, 2015.
- COLAFERRO, Luis. **Energia solar no Brasil: Um panorama para [você] entender tudo.** Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/>>. Acesso 09 outubro 2019.
- COPEL. **Instalações de painéis de energia solar triplicam no Paraná em 2019.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2019/11/01/instalacoes-de-paineis-de-energia-solar-triplicam-no-parana-em-2019.ghtml>>. Acesso 11 setembro 2020.
- COPEL. **Taxas e Tarifas.** Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Ftarifas%2Fpagcopel2.nsf%2Fverdocatual%2F23BF37E67261209C03257488005939EB>>. Acesso 11 setembro 2020.
- EPE. **Consumo de Energia Elétrica. 2018.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/consumo-de-energia-eletrica>>. Acesso 20 outubro 2019.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HCC ENERGIA SOLAR. **Quanto tempo dura um painel de energia solar.**  
Disponível em: <https://hccenergiasolar.com.br/posts/quanto-tempo-dura-um-painel-de-energia-solar-descubra-aqui/>. Acesso em 10 setembro 2020.

NEOSOLAR. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes.**  
Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso 05 outubro 2019.

PORTAL SOLAR. **Como funciona a energia solar e o sistema fotovoltaico.**  
Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>>. Acesso 07 outubro 2019.

PRATES, Wladimir. **Qual a diferença entre payback simples e descontado?**  
Disponível em: <https://www.wrprates.com/qual-e-a-diferenca-entre-payback-simples-e-descontado/>>. Acesso 09 outubro 2019.

RASOTO, Armando *et al.* **Gestão Financeira: enfoque em Inovação.** Curitiba: Aymarã Educação, 2012.

SOLAR BRASIL. **O papel da energia solar fotovoltaica.** Disponível em:  
<https://www.solarbrasil.com.br/blog/o-papel-social-da-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso 17 outubro 2019.

SOLSTÍCIO ENERGIA. **Dúvidas Frequentes Sobre a Energia Solar Fotovoltaica.**  
Disponível em: [sosticioenergia.com/duvidas\\_energia\\_solar\\_fotovoltaica](https://sosticioenergia.com/duvidas_energia_solar_fotovoltaica)>. Acesso em 17 outubro 2019.