



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS DE RUSSAS**

**EMANUEL SOUZA FREIRE**

**ANÁLISE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO,  
CONECTADO À REDE, EM UMA CASA NA CIDADE DE TABULEIRO DO  
NORTE-CE**

**RUSSAS**

**2022**

EMANUEL SOUZA FREIRE

ANÁLISE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO,  
CONECTADO À REDE, EM UMA CASA NA CIDADE DE TABULEIRO DO NORTE-CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, Campus Russas, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Augusto Santos Costa.

RUSSAS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F933a Freire, Emanuel Souza.

Análise econômica da instalação de um sistema fotovoltaico, conectado à rede, em uma casa na cidade de Tabuleiro do Norte -ce / Emanuel Souza Freire. – 2022.

44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia Mecânica, Russas, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Camilo Augusto Santos Costa..

1. Energia Solar. 2. Análise Econômica. 3. Módulos Fotovoltaicos. 4. Payback. I. Título.

CDD 620.1

---

EMANUEL SOUZA FREIRE

ANÁLISE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO,  
CONECTADO À REDE, EM UMA CASA NA CIDADE DE TABULEIRO DO NORTE-CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, Campus Russas, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Camilo Augusto Santos Costa.  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Silvia Teles Viana  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Markos Oliveira Freitas  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Antônio Araújo Freire e  
Francinilda Souza de Oliveira.

À minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo apoio e suporte e em especial aos meus pais, Antônio e Francinilda, por todo o incentivo aos estudos, amor e educação dados por toda minha vida.

À Instituição Universidade Federal do Ceará-UFC, pelo apoio físico e disponibilidade de ambientes apropriados para a realização de estudos e pesquisas bibliográficas.

Ao Prof. Dr. Camilo Augusto Santos Costa, pela orientação deste trabalho.

A professora Dra. Silvia Teles Viana e Prof. Dr. Cândido Jorge de Sousa Lobo pelo tempo utilizado para leitura e pela participação da banca deste trabalho.

A todos os professores do curso de engenharia mecânica da UFC do Campus de Russas, por todo o conhecimento transmitido, e em especial ao Prof. O Dr. Camilo Augusto Santos Costa, pela dedicação e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas e amigos, pela parceria, ajuda, e troca de experiências que foram vivenciadas no decorrer da graduação.

“A educação tem raízes amargas, mas os seus frutos são doces.”

(ARISTÓTELES, filósofo grego).

## RESUMO

Nas últimas décadas o crescimento da geração de energia limpa tem aumentado consideravelmente. Seja por pressão política, financeira, ambiental ou social, diversas classes empresariais e também do setor residencial têm adotado o uso de coletores solares, tais como painéis fotovoltaicos para a geração de energia. Em virtude do aumento da eficiência energética e da redução dos custos de implantação/aquisição e operação, os sistemas de geração de microescala, voltados para pequenas empresas e residências, tiveram um forte crescimento nas duas últimas décadas. Diversas empresas de pequeno e médio porte operam atualmente vendendo módulos ou kits de instalação que demandam pouco conhecimento técnico, facilitando a expansão deste mercado. Entretanto, para se ter uma estimativa do tempo de retorno é necessário que se faça um estudo baseado em casos reais, a fim de extrapolar os resultados para demais casos, com as mesmas características técnicas e econômicas. Para isto foi desenvolvido neste trabalho um estudo de caso para a análise econômica do custo/benefício, bem como do tempo de retorno do investimento, aplicado a uma instalação de geração baseada em geração de energia utilizando painéis fotovoltaicos, sendo este situado na cidade de Tabuleiro do Norte - CE. As ferramentas econômicas utilizadas para a análise dos dados foram: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Payback, sendo avaliados o investimento inicial, e as entradas e saídas de fluxo de caixa. Desta forma a viabilidade da instalação de um sistema fotovoltaico para microgeração se mostrou favorável, visto que, foi encontrado um VPL com sinal positivo e uma TIR de 9%, o que implica que o investimento é considerado atraente por apresentar receitas maiores que as despesas.

**Palavras-chave:** Energia Solar; Análise Econômica; Módulos Fotovoltaicos; Payback.

## ABSTRACT

In recent decades the growth of clean energy generation has increased considerably. Whether by political, financial, environmental or social pressure, several business classes and also the residential sector have adopted the use of solar collectors, such as photovoltaic panels for energy generation. Due to the increase in energy efficiency, the reduction of implantation and operation costs, and the achievement of economic stability in Brazil, micro-scale generation systems, aimed at small businesses and residences, have had a strong growth in the last two decades. Several small and medium sized companies are currently operating selling modules or installation kits that require little technical knowledge, facilitating the expansion of this market. However, to have an estimate of the payback time it is necessary to do a study based on real cases, in order to extrapolate the results to other cases, with the same technical and economical characteristics. For this it was developed in this work a case study for the economic analysis of the cost/benefit, as well as the return time of the investment, applied to a generation installation based on energy generation using photovoltaic panels, being located in the city of Tabuleiro do Norte - CE. The economic tools used for the data analysis were: Internal Rate of Return (IRR), Net Present Value (NPV) and Payback, being evaluated the initial investment, and the cash flow inputs and outputs. Thus the feasibility of installing a photovoltaic system for microgeneration proved favorable, since it was found a NPV with positive sign and an IRR of 9%, which implies that the investment is considered attractive by presenting revenues greater than expenses.

**Keywords:** Solar energy; Economic analysis; Photovoltaic panels, Payback

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil	17
Figura 02 - Gráfico da Matriz Elétrica brasileira 2019-2020	20
Figura 03 – Gráfico da Radiação Solar no Ceará em 2019	22
Figura 04 - Mapa da distribuição da Radiação Solar no Ceará em 2019	23
Figura 05 – Ilustração de geração com sistema não conectado à rede	24
Figura 06 – Ilustração de geração com sistema conectado à rede	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Consumo de energia mensal nos últimos 13 meses	30
Tabela 02 – Orçamento 01	32
Tabela 03 – Orçamento 02	32
Tabela 04 – Orçamento 03	32
Tabela 05 – Impostos cobrados na conta de energia de 07/2021 a 07/2022	34
Tabela 06 – Consumo mensal de energia	34
Tabela 07 – Histórico da taxa Selic nos últimos 50 informes realizados pelo Banco Central do Brasil	35
Tabela 08 – Cálculo da economia anual	37
Tabela 09 – Cálculo VPL, TIR e <i>Payback</i> descontado	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VPL	Valor Presente Líquido
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
GEE	Gases de Efeito Estufa
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
MME	Ministério de Minas e Energia
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CONFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
PIS	Programa de Integração Social
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TIR	Taxa Interna de Retorno

## LISTA DE SÍMBOLOS

$PB_s$  Payback simples

$PB_d$  Payback descontado

$I_0$  Investimento inicial

$G_p$  Ganhos no período

$V_{PL}$  Valor presente Líquido

$FC_0$  É o valor que o fluxo de caixa apresenta no instante zero.

$FC_j$  Fluxo de caixa.

$n$  Período final do investimento.

$j$  Período de tempo.

$i$  Taxa de desconto ( taxa de atratividade).

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	18
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral</i> .....	18
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos Específicos</i> .....	18
<b>1.2</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b> .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Matriz Energética Brasileira</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Energia solar no Brasil</b> .....	20
<b>2.3</b>	<b>Radiação solar</b> .....	21
<b>2.4</b>	<b>Tipos de sistema inteligente</b> .....	24
<b>2.5</b>	<b>Análise econômica</b> .....	26
<i>2.5.1</i>	<i>VPL (Valor Presente Líquido)</i> .....	27
<b>3</b>	<b>MODELOS E MÉTODOS ANALÍTICOS</b> .....	28
<b>3.1</b>	<b>Modelo de Análise Econômica Payback</b> .....	28
<b>3.2</b>	<b>Modelo de Análise Econômica VPL</b> .....	29
<b>3.3</b>	<b>Modelo de Análise Econômica TIR</b> .....	30
<b>3.4</b>	<b>Metodologia Empregada</b> .....	30
<i>3.4.1</i>	<i>Orçamentos</i> .....	31
<i>3.4.2</i>	<i>Tarifas</i> .....	33
<i>3.4.3</i>	<i>Consumo mensal de energia elétrica</i> .....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	37
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO E CONCLUSÃO</b> .....	40
<b>5.1</b>	<b>Discussão</b> .....	40
<b>5.2</b>	<b>Conclusão</b> .....	40
<b>5.3</b>	<b>Trabalhos Futuros</b> .....	41
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42
	<b>ANEXO A – TARIFA DE FORNECIMENTO BAIXA TENSÃO</b> .....	44

## ***Introdução***

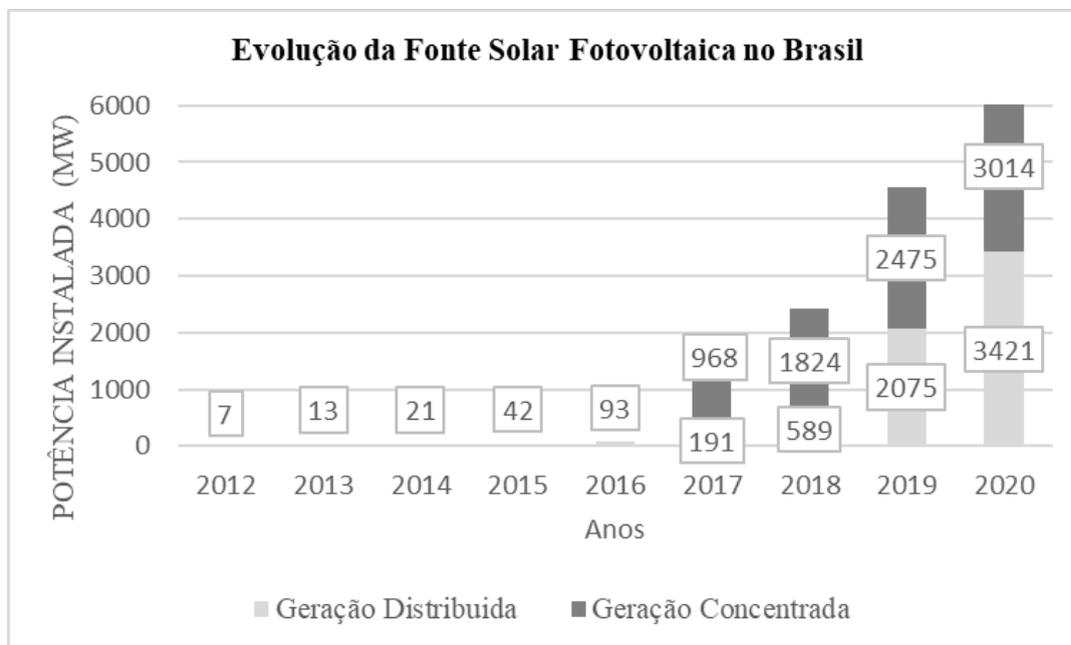
A produção de energia solar, no Brasil e no mundo, tem se intensificado nos últimos anos, e está diretamente relacionada ao âmbito econômico e ambiental. Em 1997, quando o protocolo de Kyoto foi criado, tratado internacional que tinha por objetivo manter um controle sobre a emissão de gases do efeito estufa (GEE) na Atmosfera, algumas medidas foram sugeridas e, entre elas, a substituição de energias derivadas de fontes não renováveis, por energias renováveis como a solar. Além disso, o implemento da energia solar nas residências, se torna cada vez mais viável na medida que os custos de implantação e manutenção se tornam cada vez menores, impactando na redução dos gastos com energia elétrica. Contudo, segundo a legislação vigente, o consumidor ainda tem que arcar com taxas provenientes das operadoras de distribuição elétrica residencial em decorrência da utilização do sistema elétrico fornecido pelas concessionárias.

Após a Resolução Normativa ANEEL Nº 482, criada em abril de 2012, a implantação de sistemas fotovoltaicos de microescala se intensificaram, conforme mostrado na figura 01, o crescimento exponencial das unidades de geração distribuída, em virtude da legislação vigente que adota um sistema de compensação de créditos para pequenos produtores. O sistema de compensação de créditos baseia-se no sistema de permuta de energia, ou seja, no relógio medidor de consumo elétrico da residência também é realizada a medição da quantidade de energia gerada, dessa forma, é registrado se o microprodutor está em situação de superávit ou déficit em relação à Concessionária de energia elétrica local. Em suma, se o microprodutor está com um saldo positivo de geração, essa energia é injetada na rede e pode ser descontada nas próximas contas de luz, ou ainda, ser compartilhada para uma outra unidade consumidora que esteja em posse do mesmo proprietário. Por outro lado, se o consumidor se encontra em situação de déficit, ou seja, consome mais do que produz, o que foi produzido de energia é apenas abatido na conta de luz.

Dessa forma, compreende-se que, ao utilizar em residências a energia fotovoltaica, o consumidor se beneficiará, tendo em vista que reduzirá gastos, produzindo sua própria energia com menor custo e, ao mesmo tempo, ainda estará contribuindo com a preservação do meio ambiente, pois esse tipo de energia é capaz de gerar energia elétrica apenas utilizando a irradiação proveniente do sol. Assim, diante da eficácia da energia solar, surgiu o interesse em

desenvolver um trabalho destinado a fazer uma Análise Energética Econômica da Produção de Energia Elétrica através da geração solar de micro escala.

Figura 01: Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil



Fonte: Adaptado de ANEEL/ABSOLAR, 2020.

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo fazer uma análise de viabilidade econômica na instalação de um sistema fotovoltaico, conectado à rede, em uma casa na cidade de Tabuleiro do Norte - CE.

### 1.1.2. Objetivos específicos

Foram divididos em 3 objetivos que serão apresentados a seguir:

- Utilizar as ferramentas de análise de investimento VPL, TIR e Payback, para realizar uma análise econômica a fim de determinar a melhor relação custo de implementação

versus redução do consumo de energia da concessionária, dentro dos critérios e parâmetros estabelecidos pela análise.

- Verificar o tempo de retorno do investimento através das ferramentas de análise de investimento VPL, TIR e Payback.
- Avaliar o Valor Presente Líquido (VPL) do investimento e em seguida verificar se o investimento é considerado atraente.

## **1.2. Estrutura do trabalho**

No Capítulo 1 foi feita uma descrição da importância do uso de energias renováveis para geração de energia elétrica, e foram abordados os principais pontos que incentivam o aumento da utilização dessa energia, como a diminuição do aquecimento global e a redução, a médio prazo, de custos com energia elétrica.

No Capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica que aborda os principais conceitos, como: energia solar no Brasil, tipos de sistemas de instalação, sistema de compensação de créditos e demais componentes que influenciam direta ou indiretamente a instalação de uma unidade fotovoltaica, além de expressões básicas para análise de um investimento.

No Capítulo 3 é descrito a Metodologia do Trabalho, os modelos financeiros e análise econômica de investimento e suas aplicações para o estudo da análise econômica da instalação de uma unidade geradora de energia solar em uma residência.

No Capítulo 4 é apresentado os Resultados e Discussões das metodologias de análise econômica propostas no Capítulo 3.

Por último, no Capítulo 5 é apresentada a conclusão do trabalho.

## ***Revisão Bibliográfica***

São inúmeros os tipos de energias oriundas de fontes renováveis, e elas se destacam tanto pelo fato de causarem um impacto reduzido ao meio ambiente, apresentando algumas vantagens e desvantagens no aspecto econômico e tecnológico. Além disso, o avanço tecnológico e o incentivo de implantação da energia solar no Brasil faz com que esse tipo de energia cresça consideravelmente, e é impreterível a necessidade de uma análise da viabilidade econômica para implantação de unidades fotovoltaicas em residências.

A seguir será apresentada uma revisão da literatura da matriz energética nacional, da evolução histórica da energia solar de macro e micro escala no Brasil, dos principais conceitos de radiação solar, das tecnologias vigentes para instalação e seus sistemas de controle e das metodologias de análise energética/econômica para geração de micro escala.

### **2.1 Matriz energética brasileira**

Ao abordar a questão da matriz energética brasileira, é válido diferenciar seu conceito do conceito de matriz elétrica. A matriz energética está relacionada à produção de todas as formas de energia, como a energia que é utilizada para movimentar um veículo, bem como a energia utilizada para acionar um fogão de cozinha. Já a matriz elétrica está incluída na matriz energética, contudo, refere-se apenas às formas de energia utilizadas para a geração de energia elétrica.

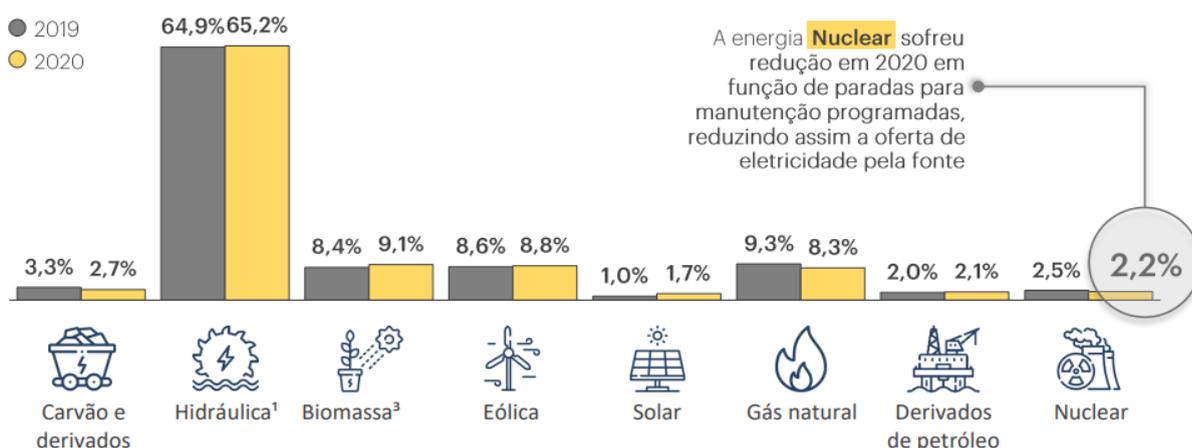
Sabe-se que a matriz energética se expandiu muito, acompanhada dos avanços tecnológicos, para que se pudesse atender as necessidades das pessoas. Esse fato expandiu-se principalmente depois da Revolução Industrial.

Por mais que o início da utilização de energias limpas no Brasil tenha se propiciado devido a necessidade de amenização dos impactos ambientais, a entrada do país no setor colocou-o numa posição de destaque mundial no que se refere a implementação de energias renováveis na matriz energética (Andrade e Mattei, 2013).

Segundo o Relatório Síntese de Balanço de Energético Nacional 2021, realizado pela EPE, a matriz elétrica, ou seja, as diversas formas de geração de energia destinadas à geração de energia elétrica, é 82,9% formada por tipos de energias renováveis, sendo 62,5% de

energia hidráulica, devido ao grande potencial hidráulico do país que intensificou o crescimento desse tipo de energia: 9,1% de biomassa, 8,8% de eólica e 1,7% de solar.

Figura 02 – Gráfico da Matriz elétrica brasileira 2019-2020.



Fonte: Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2021(2021, p. 38).

Segundo Souza (2021), referente à informação do Ministério de Minas e Energia (MME), que até 2030 o Brasil deve manter a matriz elétrica composta acima de 80% por fontes de energias renováveis, André Osório, diretor do Departamento de Informações e Estudos Energéticos do MME, afirma que o Brasil é apto a continuar nesse patamar por três motivos: pelo seu grande potencial para geração de energias eólica, de biomassa e solar; pelas medidas públicas tomadas em prol do avanço das energias limpas e pela mudança na forma em que o consumidor de energia elétrica tem se comportado, buscando cada vez mais economia, através da utilização dos avanços tecnológicos para geração/fornecimento de energia.

## 2.2 Energia solar no Brasil

Muitos países estão buscando por outras fontes de energia, como a energia solar, com o objetivo de combater o aquecimento global. Baseado na necessidade de amenizar o aquecimento global, muitas nações estão adotando medidas que propiciam o uso de energias alternativas, como a energia solar, para substituir as fontes que utilizam os combustíveis fósseis, que prejudicam o meio ambiente através da liberação do Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) (SILVA, 2015).

Ainda seguindo essa linha de raciocínio, Silva (2015) afirma que no Brasil a energia solar vem sendo bastante estimulada, já que o país dispõe de alternativas de energia limpa mais barata, o que ocorre diferente nos demais países, pois apresentam carência de diversidade nas fontes de energia.

Além disso, de acordo com Silva (2015), a adoção de algumas medidas de incentivo a utilização de energia solar como o Convênio nº 101, de 1997 do CONFAZ, que isenta do ICMS operações destinadas a geração através de energia solar, e Apoio a Projetos de Eficiência Energética (Proesco), que financiam projetos que comprovem a melhoria do sistema energético ou minimize os impactos ambientais causados por combustíveis fósseis.

No entanto, sabendo que a energia solar vem ganhando estímulo no Brasil, não se pode desconsiderar o fato de que o investimento inicial nessa fonte de energia em residências torna-se um grande obstáculo para os moradores, tendo em vista o custo de instalação desse sistema. Segundo Silva (2015) apesar de, a um prazo intermediário, a diminuição do custo de utilização de energia elétrica ultrapassar o capital investido para a implantação do projeto, conseguir o valor de instalação do sistema é um fator limitante para uma parcela considerável da população brasileira.

Nesse sentido, diversos bancos criaram linhas de crédito para o financiamento da instalação de microgeração solar residencial. Assim, o acesso à utilização dessa geração de energia passa a ser viável a uma grande parte da população brasileira, possibilitando às famílias optarem por uma geração de energia limpa e que reduzirá gastos futuros com a utilização de energia elétrica.

### **2.3 Radiação solar**

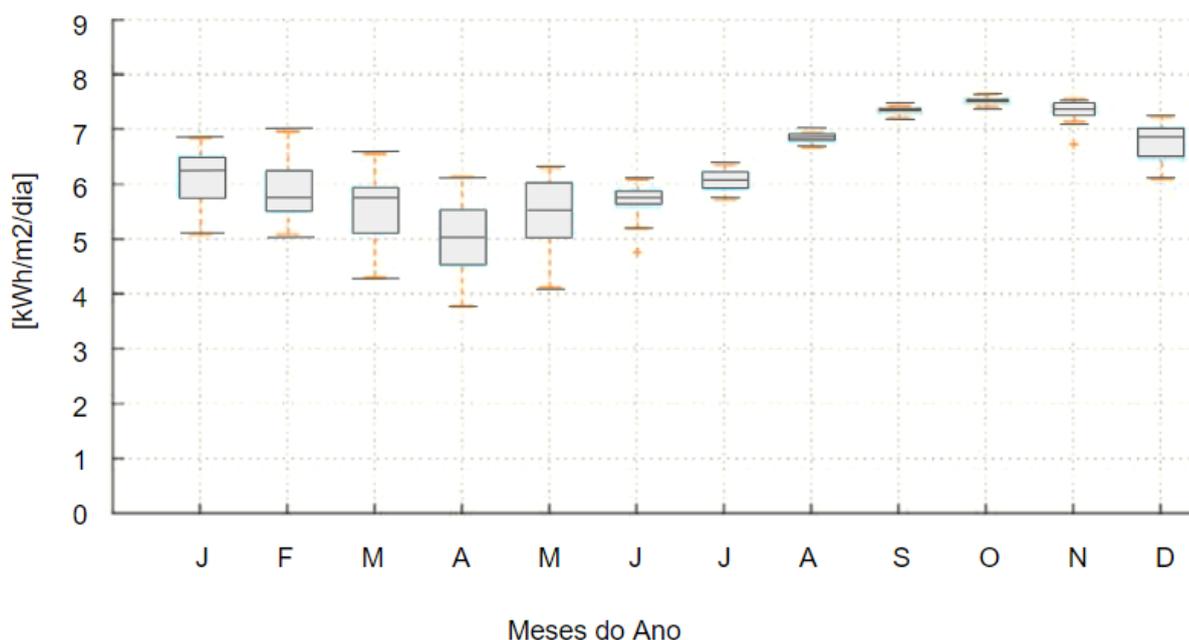
Sabe-se que a principal fonte de energia do planeta Terra é o Sol, todavia, apenas uma mínima parcela dessa energia é, de fato, aproveitada. De acordo com MATAVELLI (2013), o sol é a principal fonte de energia renovável, tendo em vista que participa das demais fontes de energias renováveis, mesmo aquelas que não usufruem de forma direta da radiação solar, são originadas do sol. Neste sentido observa-se uma necessidade de produzir energia de uma maneira que impacte da menor maneira possível o meio ambiente, por isso surge a alternativa de gerar energia elétrica a partir da radiação solar. Produzir energia elétrica de maneira sustentável, isto é, causando o menor impacto possível ao meio ambiente, passou a ser uma grande meta mundial. Em face desse objetivo, uma alternativa é a geração de energia através da radiação solar, utilizando células fotovoltaicas que tem como principal componente o silício, elemento que é abundante no planeta.

É válido enfatizar que cada vez mais há a preocupação com a redução desses impactos ambientais, preocupação essa que parte tanto das indústrias como da própria sociedade. Dessa forma, a geração de energia por meio da radiação solar torna-se uma das alternativas mais viáveis para que esse processo ocorra de maneira mais sustentável.

Segundo Silva (2015), a radiação solar pode ocorrer de duas formas, como fonte de energia térmica e como energia elétrica. A primeira é utilizada para aquecer ambientes, gerar potência mecânica e elétrica e para o aquecimento de fluidos. Já a segunda, é quando a radiação é transferida diretamente para energia elétrica através de efeitos, como o fotovoltaico e o termoelétrico. Logo, fica evidente que a energia elétrica gerada através da irradiação solar é uma das fontes de energia mais benéficas ao meio ambiente, assim como é uma alternativa para a economia de gastos com energia.

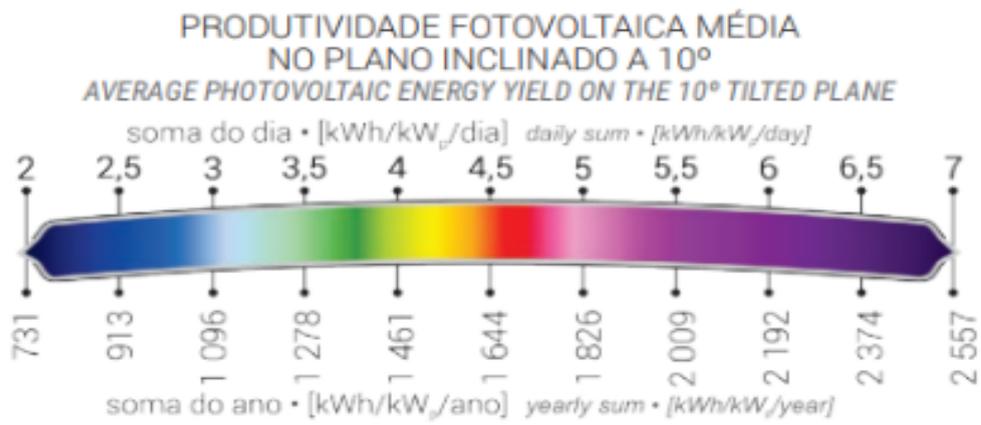
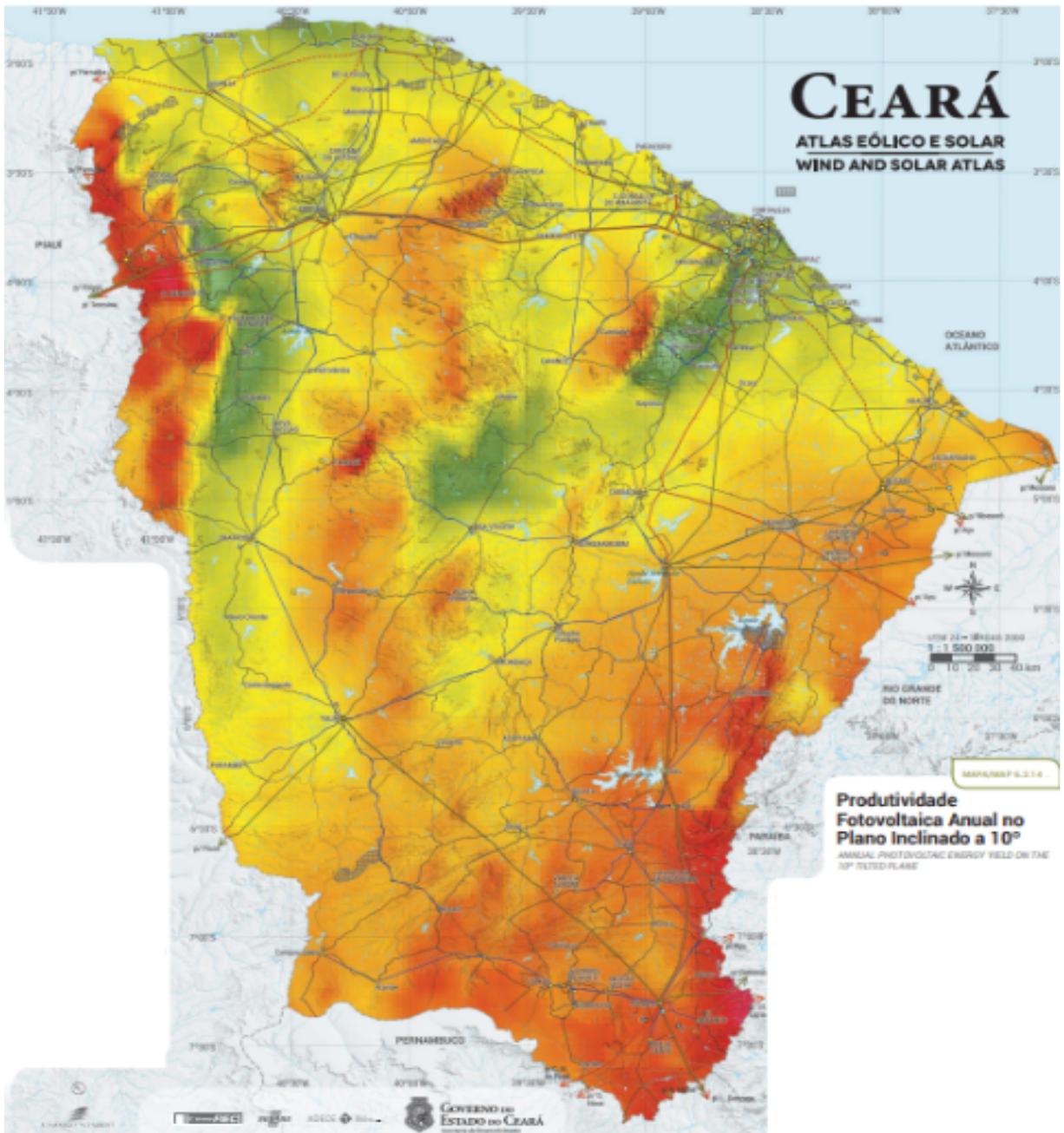
A seguir, é apresentado o gráfico de radiação no estado do Ceará.

Figura 03 – Gráfico da Radiação Solar no Ceará em 2019



Fonte: Atlas Eólico e Solar, de Camargo Schubert (2019).

Figura 04 – Mapa de distribuição da Radiação Solar no Ceará em 2019



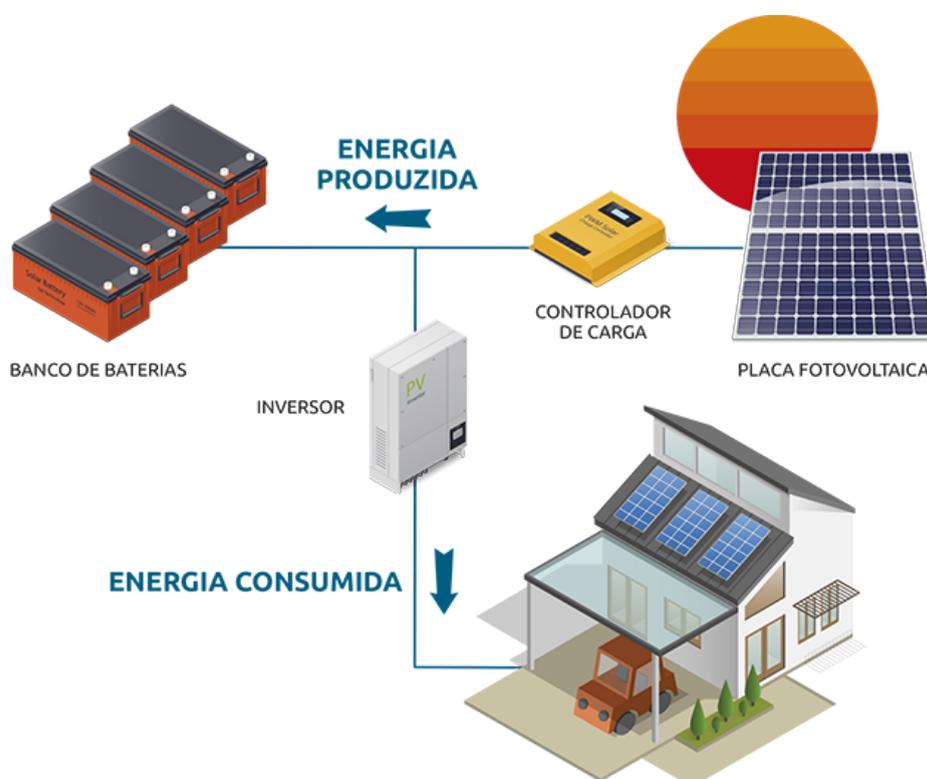
Fonte: Atlas Eólico e Solar, de Camargo Schubert (2019)

A partir da análise do mapa e gráfico da irradiação solar no estado do Ceará, é possível comprovar que a sua localização facilita a implementação de energias limpas como a Solar, tendo em vista o grande potencial de geração, apresentando incidência de radiação que apresenta picos até de 7,5 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Além disso, segundo estudo realizado e apresentado no Atlas do Estado do Ceará, pela empresa Camargo Schubert, o Ceará é dono de um potencial de instalação em áreas não urbanas de 643 GW que corresponde a 48,5% da área do estado.

## 2.4 Tipos de sistemas inteligentes

O sistema de geração autônomo (off grid) trata-se de um sistema de geração elétrica independente da concessionária, ou seja, esse sistema não depende de fornecimento de energia elétrica da rede de distribuição nem nos horários em que seu consumo ultrapassa sua geração, nem no horário noturno, em que não há geração.

Figura 05 – Ilustração de geração com sistema não conectado à rede.



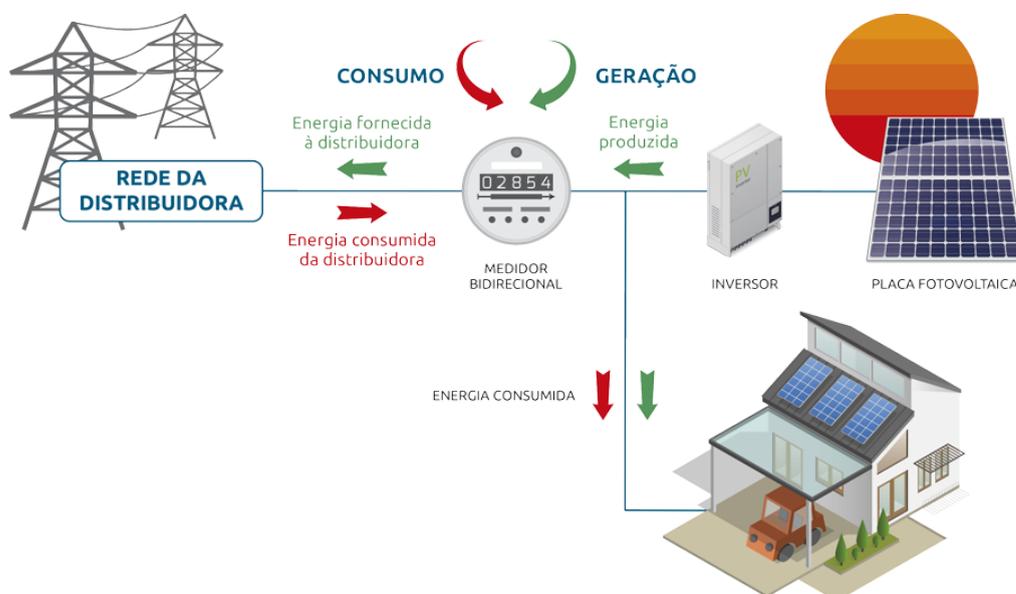
Fonte: SOLAR, inovacare.1 fotografia

Os sistemas *OFF-Grid* são conhecidos como sistemas isolados ou “[...] conhecidos como sistemas não conectados à rede elétrica. Estes sistemas trabalham de forma autônoma, isto é, não trabalham em paralelo com a rede elétrica convencional (ALVES, 2019, p. 39)”.

Esse tipo de sistema pode ser usado em locais de difícil acesso e nas áreas em que não há rede de distribuição, como topos de montanhas, ilhas, terrenos rurais, entre outros. Ademais, esse tipo de sistema substitui o uso de geradores por motor a combustão, que em sua maioria utilizam como combustível o diesel ou a gasolina, que são poluentes ao meio ambiente. Além disso, esse sistema é ecologicamente mais viável, produz menos barulho, além de não emitir CO<sub>2</sub> na atmosfera.

O modelo *On Grid* é um modelo de geração de energia, formado por um grupo de equipamentos que, em conjunto, gera, converte e ainda injeta energia na rede elétrica, considerando que não contempla um conjunto de baterias. Então, nos momentos em que não há geração de energia, a residência utiliza a energia proveniente da rede elétrica.

Figura 06 – Ilustração de geração com sistema conectado à rede.



Fonte: SOLAR, inovacare.2 fotografia

Os sistemas *On Grid*, diferentemente do *Off Grid*, não necessitam que a energia produzida seja armazenada, isto é, eles operam de forma conjunta com a rede elétrica de

distribuição e, assim, a energia que é produzida e não consumida é injetada imediatamente na rede.

Toda a energia que é gerada nesse tipo de configuração é injetada na rede da concessionária responsável do local, logo, não há necessidade do uso de baterias para armazenar energia elétrica, pois toda a energia já é armazenada na própria rede (SPADUTO et al, 2013).

Dessa maneira, o sistema fica dependente do sistema de distribuição de energia para que funcione completamente, visto que, em situação de interrupção da geração, surge a necessidade de utilização da energia oriunda da concessionária.

## 2.5 Análise Econômica

O modelo de análise de investimento denominado *Payback* trata-se de uma ferramenta de análise financeira, que busca verificar o tempo que um investidor demora para recuperar o valor investido, isto é, calcula o tempo, chamado de “período de *Payback*”, que o investidor consegue recuperar tanto o investimento inicial, como as entradas de caixa ao longo do tempo.

Nessa perspectiva, vale considerar o que Neto (2014,) afirma sobre o *payback* simples, que se baseia em encontrar o período necessário para que o custo inicial do investimento seja restaurado, através das entradas de fluxo de caixa oriundas do investimento.

Assim, o *Payback* simples trata-se de uma ferramenta muito útil, pois é capaz de qualificar um investimento como viável ou não. Em contrapartida, uma desvantagem desse modelo é que não considera o valor do dinheiro no tempo e, além disso, após o período de *Payback*, essa ferramenta passa a desconsiderar as entradas de fluxo de caixa. Com isso, para garantir a fundamentação da análise, é necessário que essa ferramenta seja utilizada em conjunto com outros mecanismos de análise de investimentos.

O *Payback* descontado trata-se de um método de análise que, de maneira sucinta, realiza uma atualização de futuros fluxos de caixa considerando uma determinada taxa em um investimento no mercado, levando em conta o valor que o dinheiro representa ao longo do tempo, ou seja, ele realiza um ajuste monetário, considerando a valorização e desvalorização que a moeda sofre ao longo do período.

Para compreender melhor a análise econômica de um investimento, é necessário antes entender o conceito da TIR (Taxa Interna de Retorno), e por que ela é essencial neste estudo.

A taxa média de retorno nada mais é do que a própria TIR quando é estabelecida a partir de uma sequência de operações, assim, é a taxa de desconto que em um período conhecido irá igualar os fluxos de caixas advindos dessas operações, como apresentado em NETO, 2014.

Além disso, é importante também considerar o que Gitman (2010) esclarece sobre a TIR: A TIR é uma técnica refinada de análise de investimentos e trata-se de uma taxa de desconto em que equipara o valor presente líquido a zero. Além disso, trata-se de uma taxa de retorno composta anual, para as empresas que investirem em determinado investimento e conseguirem obter as entradas de caixas previstas anteriormente.

Assim, torna-se possível constatar que a TIR é uma ferramenta de análise de investimentos, isto é, um mecanismo capaz de qualificar uma aplicação financeira como viável ou não.

### **2.5.1 VPL (Valor Presente Líquido)**

De acordo com NETO (2014), é possível obter o valor do VPL pela subtração dos valores presentes líquidos de caixa, em cada data prevista inicialmente para todo o projeto, e o valor presente que a aplicação está apresentando.

Assim, o VPL se faz umas das mais importantes ferramentas para avaliar propostas que tenham investimento de capital. Desse modo, por meio da subtração das entradas e saídas de fluxo de caixa, considerando uma determinada taxa de atratividade (desconto), é possível obter a quantidade do investimento em valores monetários.

## **Modelos e Métodos Analíticos**

Neste Capítulo serão apresentados os modelos matemáticos e a metodologia utilizada para análise econômica com os dados disponibilizados de uma residência urbana típica de médio porte.

O lócus da pesquisa foi uma residência situada no centro da cidade de Tabuleiro do Norte, interior do estado do Ceará. Essa cidade localiza-se no Vale do Jaguaribe, a aproximadamente 200 quilômetros da capital Fortaleza. A pesquisa foi realizada em Junho de 2022, e contou com a colaboração dos moradores dessa residência, para que a investigação pudesse ocorrer.

Optou-se pela abordagem quantitativa, pois a partir dela será possível colher resultados, transformá-los em informações para, posteriormente, realizar a análise econômica dos dados obtidos. Além disso, é importante ressaltar que ele “Busca a precisão, evitando distorções na etapa de análise e interpretação dos dados, garantindo assim uma margem de segurança em relação às inferências obtidas” (GODOY, 1995, p. 58). Para consolidar a justificativa da abordagem, será executado um estudo utilizando as ferramentas do segmento financeiro VPL e Payback.

### **3.1 Modelo de Análise Econômica Payback**

Os modelos matemáticos de análise pelos indicadores econômicos *payback simples* e *payback descontado* são apresentados pela Eq. 1 e 2, respectivamente, descritas a seguir.

$$PB_s = \frac{I_0}{G_p} \quad (1)$$

$$PB_d = \frac{I_0}{V_{PL}} \quad (2)$$

Onde,

$PB_s$  = Payback simples

$PB_d$  = Payback descontado

$I_0$  = Investimento inicial

$G_p$  = Ganhos no período

$V_{PL}$  = Valor presente Líquido

### 3.2 Modelo de Análise Econômica VPL

O modelo matemático proposto por Irving Fischer, em 1907 para uma análise de Valor Presente Líquido é apresentado pela Eq. 3 descrita a seguir.

$$V_{PL} = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (3)$$

Onde,

$$FC_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (4)$$

$FC_0$  = É o valor que o fluxo de caixa apresenta no instante zero.

$V_{PL}$  = Valor Presente Líquido.

$FC_j$  = Fluxo de caixa.

$i$  = Taxa de desconto ( taxa de atratividade).

$j$  = Período de tempo.

$n$  = Período final do investimento.

A partir desse cálculo, com base no resultado do VPL, é possível determinar se o investimento configura-se como atraente, quando o VPL apresentar um valor positivo, isto é, mostra que as receitas apresentam um valor maior que as despesas; neutro, que seria quando o VPL for igual a zero, ou seja, despesas e receitas iguais; ou não atraente, que seria quando o VPL apresentar um valor negativo, o que implica que o projeto é inviável.

Da perspectiva dos objetivos, pode-se afirmar que a pesquisa caracteriza-se como exploratória, visto que se trata de uma pesquisa prévia ou introdutória ao buscar

conhecimento sobre um determinado assunto em que alguns dados ainda são incógnitos ou pouco explorados.

### 3.3 Modelo de Análise Econômica TIR

A taxa Interna de Retorno ( TIR) trata-se da realização de um cálculo que indica os ganhos, de forma percentual, retornados sobre um investimento com determinado fluxo de caixa. É uma ferramenta importante para a análise de investimentos, tendo em vista, que aponta um valor baseado nas entradas de caixa, bem como em suas saídas com despesas e custos. Para que essa ferramenta seja utilizada com êxito, é necessário que o percentual indicado seja comparado com outro indicador, como por exemplo a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que é a taxa que expressa o retorno mínimo esperado ao fazer aplicação em um investimento. É possível encontrar a TIR de um investimento através da Equação (5):

$$0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_0 \quad (5)$$

Onde,

$FC_j$  = Fluxo de caixa.

$n$  = período final do investimento.

$i$  = Taxa Interna de retorno ( taxa de atratividade).

$j$  = período de tempo.

$I_0$  = Investimento inicial ( com sinal positivo).

### 3.4 Metodologia Empregada

Ao realizar a análise de viabilidade econômica na residência mencionada, na qual o consumo mensal de energia elétrica foi estimado realizando a média do consumo durante os 13 últimos meses, é encontrado um valor de 178 kWh por mês, conforme mostra tabela 01.

Tabela 01 – Consumo de Energia mensal nos últimos 13 meses.

ANO	MÊS	CONSUMO(kWh)
2021	JULHO	129

2021	AGOSTO	179
2021	SETEMBRO	178
2021	OUTUBRO	190
2021	NOVEMBRO	181
2021	DEZEMBRO	186
2022	JANEIRO	286
2022	FEVEREIRO	201
2022	MARÇO	214
2022	ABRIL	182
2022	MAIO	174
2022	JUNHO	105
2022	JULHO	109
MÉDIA		178

Fonte: elaborada pelo autor.

Sendo assim, sabendo o valor estimado do consumo mensal, o próximo passo para a realização do estudo é buscar orçamentos para saber qual o valor necessário para que seja realizado o investimento. Assim, foram contatadas, via internet, 3 empresas da região de Tabuleiro do Norte, que são especializadas na implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, e que fornecem o kit completo.

Ainda no mesmo viés, foram analisados os 3 orçamentos e constatado que a produção fornecida pelas 3 empresas supre a demanda necessária, logo, a será escolhida a que for mais viável economicamente. Vale ressaltar que os valores orçados contam com a inclusão do conjunto de instalação ( módulos, cabos solares, *string box*, inversor e estrutura de fixação), bem como, a mão de obra do serviço de instalação.

### 3.4.1 Orçamentos

A seguir serão apresentados três orçamentos referentes à microgeração solar, sendo estes representativos do município de Tabuleiro do Norte. O contato com as empresas WK Solar,

Nissí Energia Solar e BLUE SOL foi realizado via internet, onde foram repassadas propostas interessantes para residências que tenham um consumo igual ou inferior à potência fornecida em cada orçamento

Tabela 2 – Orçamento 01

ORÇAMENTO 01	
Empresa: WK Solar	Capacidade de produção: 296 kW
Descrição	Quantidade
Painéis solares BelEnergy Monocristalino 550W	4
Inversor BelEnergy Plus 1x3 kW	1
String box Clamper solar SB	1
Valor total (Incluso mão de obra)	11 078,18

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 3 – Orçamento 02

ORÇAMENTO 02	
Empresa: Nissí Energia Solar	Capacidade de produção: 413 kW
Descrição	Quantidade
Painéis solares Renersolar 455W	7
Inversor GROWATT 3 kWp	1
Fornecimento de conjunto de fixação dos painéis	1
Fornecimento Projeto Eng. Elétrico do sistema gerador	1
Assessoria do projeto e acompanhamento junto à Concessionária de Energia	1
Instalação de painéis e Quadro CC ( Quadro de Proteção)	7
Sistema de monitoramento WEB	1
Valor total (Incluso mão de obra)	18 081,75

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 4 – Orçamento 03

ORÇAMENTO 03
--------------

Empresa: BLUE SOL	Capacidade de produção: 266 kW
Descrição	Quantidade
Painéis solares 450 e 510kW (ZSHINE, LONGI, TRINA, TALESUN, CANADIAN)	4
Inversor e String box DEYE SUN-3K-G04	1
Valor total (Incluso mão de obra)	12 288,47

Fonte: elaborada pelo autor.

O orçamento 01 foi o escolhido como melhor proposta, visto que fornece uma geração que é capaz de suprir a demanda exigida pela residência, além de fornecer o kit completo e mão de obra para instalação inclusos na proposta. Ademais, a empresa fornecedora do orçamento 01, informou uma economia anual de R\$3.022,16 e, conseqüentemente, teria um período de payback de 3,67 anos.

Além disso, ao analisar os demais orçamentos, é possível notar que o 02 é superdimensionado e está atrelado a uma cotação maior. Já o orçamento 03 apresenta uma capacidade de geração inferior ao 01 e ainda apresenta um valor superior a ele. Por isso, fica evidente os motivos pelos quais o orçamento 01 foi o escolhido como mais viável financeiramente para o estudo.

### **3.4.2 Tarifas**

Na cidade de Tabuleiro do Norte, a ENEL é a empresa responsável pela concessão de Energia Elétrica. Essa empresa conta com diferentes tarifas cobradas, de acordo com os grupos e subgrupos em que a unidade se encaixa.

Ademais, o valor cobrado está associado à bandeira tarifária do mês em questão, isto é, nos meses em que há pouca água acumulada, as hidrelétricas são ligadas, para melhorar o controle e, para isso, são utilizados combustíveis fósseis, aumentando o custo para geração de energia e, conseqüentemente, o custo a ser cobrado do consumidor. Os valores das tarifas cobradas, de acordo com a classificação e bandeira tarifária associada são expressos no Anexo A.

### **3.4.3 Consumo mensal de energia elétrica**

Baseado na análise da conta de energia elétrica em questão, será calculado o valor a ser pago mensalmente considerando o consumo de 178 kWh mensal, conforme já mencionado anteriormente. A residência em questão está inserida na classificação B1 (Residencial

normal), e em relação à bandeira tarifária adotada, para ser mais conservador, foi considerada a bandeira vermelha PAT2, que é a bandeira com maior valor de tarifa, conforme mostra Anexo A.

Dessa forma, para obter um valor mais preciso dos impostos que são cobrados na conta de energia, foi realizado a média dos últimos 13 meses em questão, e utilizado esse valor médio como base para cálculo. Assim, os valores utilizados para fins de cálculos foram: tarifa de é 0,73078, atrelado ao ICMS de 27%, Cofins de 3,22%, e PIS de 0,70%.

Além disso, é cobrado, por lei, a da taxa de iluminação pública, a qual não foi encontrado um percentual preciso. Desse modo, para conseguir esse valor e ter uma melhor assertividade nesse dado, foi verificada essa taxa em cada mês estudado, calculado qual o percentual dessa taxa sobre o valor da conta e, em seguida, realizado a média desses valores, obtendo um percentual de 5,09%.

Tabela 5 – Impostos cobrados na conta de Energia de 07/2021 a 07/2022.

MÊS	PIS (%)	COFINS(%)	ICMS(%)	CIP(%)
jul/22	0,97	4,47	20	5,04
jun/22	0,81	3,75	27	4,95
mai/22	0,69	3,19	27	7,53
abr/22	0,78	3,64	27	5,73
mar/22	0,67	3,08	27	11,43
fev/22	0,68	3,09	27	11,97
jan/22	0,47	2,14	27	13,61
dez/21	0,62	2,78	27	7,81
nov/21	0,7	3,22	27	8,01
out/21	0,79	3,7	27	7,66
set/21	0,29	1,04	27	8,37
ago/21	0,76	3,45	27	8,6
jul/21	0,9	4,12	27	5,09
MÉDIA	0,7	3,22	27	7,81

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 06 –Consumo mensal de Energia.

Consumo mensal de Energia			
Detalhamento	Valor base	Multiplicador	Resultado
Tarifa total (TE +TUSD)	178	0,73078	130,07884
CIP	130,07884	7,81%	10,1591574
Cofins	130,07884	3,22%	4,188538648
PIS	130,07884	0,70%	0,91055188
ICMS	130,07884	27,00%	35,1212868
Subtotal	-	38,73%	180,46

Fonte: elaborada pelo autor.

Os valores de tarifas e impostos são mostrados na tabela 05 e o valor mensal obtido foi de 180,46 reais, conforme tabela 06, isto é, o valor mensal estimado que o proprietário da residência terá que pagar, ao longo dos anos, mais o acréscimo da inflação, caso não tenha instalado um sistema de geração conectado à rede.

Além disso, como taxa de desconto para efetuar a descapitalização das entradas de fluxo de caixas, trazendo um valor futuro para a data presente, foi utilizado a taxa Selic, que é a base de juros da economia brasileira. A seguir, conforme tabela 07, estão os valores da taxa Selic, informados pelo Banco Central do Brasil, nos últimos 50 informes.

Tabela 07 – Histórico da taxa Selic nos últimos 50 informes realizados pelo Banco Central do Brasil.

Período de vigência	Taxa Selic (%)	Período de vigência	Taxa Selic (%)
17/06/2022 - 03/08/2022	13,15	09/05/2019 - 20/06/2019	6,4
05/05/2022 - 16/06/2022	12,65	21/03/2019 - 08/05/2019	6,4
17/03/2022 - 04/05/2022	11,65	07/02/2019 - 20/03/2019	6,4
03/02/2022 - 16/03/2022	10,65	13/12/2018 - 06/02/2019	6,4
09/12/2021 - 02/02/2022	9,15	01/11/2018 - 12/12/2018	6,4
28/10/2021 - 08/12/2021	7,65	20/09/2018 - 31/10/2018	6,4
23/09/2021 - 27/10/2021	6,15	02/08/2018 - 19/09/2018	6,4

05/08/2021 - 22/09/2021	5,15	21/06/2018 - 01/08/2018	6,4
17/06/2021 - 04/08/2021	4,15	17/05/2018 - 20/06/2018	6,4
06/05/2021 - 16/06/2021	3,4	22/03/2018 - 16/05/2018	6,4
18/03/2021 - 05/05/2021	2,65	08/02/2018 - 21/03/2018	6,65
21/01/2021 - 17/03/2021	1,9	07/12/2017 - 07/02/2018	6,9
10/12/2020 - 20/01/2021	1,9	26/10/2017 - 06/12/2017	7,4
29/10/2020 - 09/12/2020	1,9	08/09/2017 - 25/10/2017	8,15
17/09/2020 - 28/10/2020	1,9	27/07/2017 - 06/09/2017	9,15
06/08/2020 - 16/09/2020	1,9	01/06/2017 - 26/07/2017	10,15
18/06/2020 - 05/08/2020	2,15	13/04/2017 - 31/05/2017	11,15
07/05/2020 - 17/06/2020	2,9	23/02/2017 - 12/04/2017	12,15
19/03/2020 - 06/05/2020	3,65	12/01/2017 - 22/02/2017	12,9
06/02/2020 - 18/03/2020	4,15	01/12/2016 - 11/01/2017	13,65
12/12/2019 - 05/02/2020	4,4	20/10/2016 - 30/11/2016	13,9
31/10/2019 - 11/12/2019	4,9	01/09/2016 - 19/10/2016	14,15
19/09/2019 - 30/10/2019	5,4	21/07/2016 - 31/08/2016	14,15
01/08/2019 - 18/09/2019	5,9	09/06/2016 - 20/07/2016	14,15
21/06/2019 - 31/07/2019	6,4	28/04/2016 - 08/06/2016	14,15
MÉDIA			7,36

Fonte: Adaptado pelo autor, do Banco Central do Brasil.

## **Resultados e discussões**

A seguir, na tabela 08, foi realizado o cálculo do valor economizado durante um ano. Dessa forma, baseado no valor médio mensal de R\$130,08, mais os impostos e taxas cobrados sobre o valor, multiplicado pela quantidade de meses do ano (12), foi encontrado o valor de R\$2165,52, que é o valor gasto anualmente com a conta de energia.

Tabela 08 –Cálculo da Economia anual

Economia Anual considerando Conta de Energia com impostos inclusos			
Ano	Conta de Energia mensal	Impostos e taxas (%)	Economia anual
1	R\$ 130,08	38,73	R\$ 2.165,52

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, como descrito na seção 3.4.3, como indicador para a taxa de desconto a ser descapitalizado no valor, foi utilizado a taxa Selic que, inclusive, é um referencial para determinação de juros na economia brasileira. Dessa forma, para ser mais preciso, foi considerada a média da inflação indicada taxa Selic dos últimos 50 informes do Banco Central do Brasil e encontrado um valor de 7,36%, conforme mostra tabela 07, que será utilizado na progressão dos cálculos como valor médio fixo da taxa de desconto.

Por último, foi realizada a checagem da viabilidade do investimento, utilizando como ferramenta o Excel, para que fossem encontrados os valores de VPL e TIR. Como descrito na seção 3.3, a seguir será apresentada uma tabela dos cálculos referentes a Equação (5), para encontrar a TIR, na seção 3.2 Equação (3) para encontrar o VPL e na seção 3.1 Equação (2) para encontrar o período de *payback* descontado. Além disso, foi utilizada como TMA a taxa Selic, com um valor de 7,36%.

Tabela 09 –Cálculo de VPL, TIR e *payback* descontado.

Resposta do investimento - Considerando taxa de desconto de 7,36 % ao ano.				
Período	Taxa de Utilização	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa descontado -T.U.	Saldo
0		-11078,18	-11078,18	-11078,18
1	245,05	2165,52	1772,02	-9306,16
2	228,25	2165,52	1650,54	-7655,62
3	212,60	2165,52	1537,39	-6118,24
4	198,02	2165,52	1431,99	-4686,24
5	184,45	2165,52	1333,82	-3352,42
6	171,80	2165,52	1242,38	-2110,04
7	160,03	2165,52	1157,21	-952,82
8	149,06	2165,52	1077,88	125,06
9	138,84	2165,52	1003,99	1129,04
10	129,32	2165,52	935,16	2064,20
11	120,45	2165,52	871,05	2935,25
12	112,20	2165,52	811,34	3746,59
13	104,50	2165,52	755,72	4502,31
14	97,34	2165,52	703,91	5206,21
15	90,67	2165,52	655,65	5861,86
16	84,45	2165,52	610,70	6472,57
17	78,66	2165,52	568,84	7041,41
18	73,27	2165,52	529,84	7571,25
19	68,25	2165,52	493,52	8064,77
20	63,57	2165,52	459,69	8524,45
21	59,21	2165,52	428,17	8952,62
22	55,15	2165,52	398,82	9351,44
23	51,37	2165,52	371,48	9722,92
24	47,85	2165,52	346,01	10068,93
25	44,57	2165,52	322,29	10391,22

TMA

7,36%

VPL (R\$)

10.359,61

TIR

9%

Payback

descontado

7,88397874

7 anos, 10  
meses e 23  
dias.

Fonte: elaborada pelo autor.

O período de *payback* está entre os anos 7 e 8 que é o período em que o saldo passa de negativo para positivo. Além disso, a taxa de utilização da rede descontada foi de R \$245,05 ao ano, ajustada com a taxa de desconto ao longo dos anos, que corresponde ao custo do 30 kWh multiplicado pelo custo dele e pelos 12 meses do ano, que neste trabalho, conforme tabela 06, é 0,73078, segundo estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) na Resolução Normativa no 482/2012 ajustada com a taxa de desconto ao longo dos anos.

Conforme mencionado anteriormente, o período de *payback* fornecido pela empresa do orçamento 01 foi de 3,67 anos, o que corrobora a importância da utilização do *payback* descontado, isto é, a descapitalização de entradas de fluxo de caixas futuros para valores presentes, tendo em vista que no presente trabalho foi encontrado um período de retorno maior do que o informado pela empresa, mais precisamente 7,88 anos.

## ***Discussão e Conclusão***

### **5.1 Discussão**

A priori, para identificar o tempo de retorno do investimento, é necessária a realização de alguns cálculos, isto é, é preciso saber o valor gasto anualmente com a conta de energia elétrica, que seria R\$ 1772,02, já acrescido dos impostos e taxas, multiplicado pelos 12 meses que compõem o ano e subtraída a taxa de utilização da rede elétrica. Em seguida, basta progredir esse cálculo ao longo dos anos.

A partir dessa análise, é possível identificar que anualmente há uma economia de R\$1772,02, isto é, com o implemento da unidade de geração, o proprietário passará a economizar esse valor, descapitalizado com a taxa Selic, ao longo de cada ano seguinte. Assim, fica claro entender o tempo de retorno do investimento, que será quando a soma dessas economias, ao passar dos anos, se igualar ou superar o valor do capital investido, ou seja, como mostra a tabela 09, o tempo de retorno é de 7 anos, 10 meses e 23 dias.

Vale ressaltar que na realização dos cálculos foram utilizados as médias das tarifas e impostos que são cobrados atualmente, mais precisamente nos últimos 12 meses, visto que é um valor variável com o tempo e faz-se imprevisível. Além disso, foram realizados cálculos até o 25º ano, visto que, apesar de muitos fabricantes afirmarem que o prazo de duração de um módulo fotovoltaico ultrapassa os 40 anos, o tempo de garantia fornecido por eles varia de 25 a 30 anos.

Foi encontrado um valor presente líquido de R\$ 10.359,61 e uma TIR de 9%, conforme mostra tabela 09, isto é, o investimento é categorizado como atraente, tendo em vista que foi encontrado um VPL positivo, que implica que as receitas são maiores que as despesas, e isso torna-o um investimento viável. Além disso, vale ressaltar que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) foi considerada igual à Taxa Selic, que trata-se da taxa base de juros utilizada na economia do Brasil. Ainda nesse mesmo viés, é possível verificar que a TIR encontrada apresenta um valor maior do que a taxa de desconto, logo, o investimento é atrativo.

## 5.2 Conclusão

O presente trabalho permitiu ao leitor obter um melhor entendimento e compreender de forma clara e concisa a energia solar, e ainda entender como funciona um sistema de geração conectado à rede mostrando a sua viabilidade em meio ao mercado atual, considerando as dimensões do projeto. Além disso, o trabalho cumpre os objetivos pré-estabelecidos, uma vez que, utiliza as ferramentas VPL, TIR e *Payback* para realizar a análise econômica, encontra o período de *Payback* e verifica a viabilidade do investimento através do VPL. Ademais, fica perceptível que é possível gerar energia através do sol, sem que traga danos colaterais ao meio ambiente, além de ser uma ação viável financeiramente.

Mediante a análise realizada, fica evidente que é economicamente viável instalar energia solar em uma residência que tenha consumo de porte similar a esse. Assim, como o estudo considera todas as tarifas que são cobradas na conta de luz, além de realizar a descapitalização das entradas de caixa a uma taxa de desconto, é notório que com um sistema conectado à rede, na cidade de Tabuleiro do Norte, com um consumo de 178 kWh, o consumidor irá deixar de pagar R\$ 180,46 mensalmente e vai conseguir uma economia de R\$ 1772,02, ao longo de cada ano, até que o investimento se pague, isto é, depois de 7,89 anos, o único valor pago será a taxa de utilização da rede de transmissão.

Além disso, torna-se evidente os benefícios da implantação de um sistema fotovoltaico, como a não geração de gás carbônico, substituindo outras formas de geração que produzem, e ainda é benéfica por não produzir resíduos ao longo do processo de geração. Ademais, esse tipo de projeto serve de modelo para corporações que pretendem agregar à empresa uma forma de geração limpa e benéfica ao meio ambiente.

Portanto, através da análise realizada neste estudo, fica claro a viabilidade na implantação de um sistema solar conectado à rede, tendo em vista que apresenta uma economia significativa nos gastos com energia elétrica, além de apresentar benefícios diversos ao meio ambiente, o que torna esse tipo de medida imprescindível.

## 5.3 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros sugere-se além na análise de *payback* e TIR, também fazer uma comparação com um investimento em títulos de renda fixa como o Crédito de depósito Bancário (CDB) e recibo de Depósito Bancário (RDB) para se ter uma ideia entre o retorno do investimento e a economia gerada pela instalação dos painéis fotovoltaicos. Assim iremos perceber o quanto o valor investido na geração solar daria a mais que um rendimento em renda fixa e que a própria geração solar.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 15/08/2022
- ALVES, M. O. L. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. Disponível em [https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA\\_EnergiaSolarEstudo.pdf](https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf). Acesso em: 27/07/2022.
- ANDRADE; A. L. C. MATTEI, L. A (In)Sustentabilidade Da Matriz Energética Brasileira. **Revista Brasileira de Energia**. Vol. 19. N 2. 2ª Sem. 2013, pp. 9-36. Disponível em: <https://www.sbpe.org.br/index.php/rbe/article/download/304/285/>. Acesso em: 28/07/2022.
- ANEEL, ABSOLAR. 2020. **Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil**. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2021/02/2020.06.10%20Infogr%C3%A1fico%20ABSOLAR%20n%C2%BA%2020.pdf>. Acesso em 12/08/2022.
- BEN.2021.**Relatório Síntese do Balanço Energético nacional 2021**. 2 fotografia. Disponível em:[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN\\_S%C3%92ntese\\_2021\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%92ntese_2021_PT.pdf). Acesso em: 17/08/2022.
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira / Lawrence J. Gitman; tradução Allan Vidigal Hastings; revisão técnica Jean Jacques Salim**. - 12. ed. São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2010.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63. mar./abr. 1995.
- MATAVELLI, A. C. **Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. Lorena: 2013.
- NETO, A. A. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. – São Paulo: Atlas, 2014.
- SCHUBERT, C. 2019. **Gráfico da Radiação Solar no Ceará em 2019**. 3 fotografia. Disponível em: <http://atlas.adece.ce.gov.br/ebook/mobile/index.html>. Acesso em: 22/08/2022.
- SCHUBERT, C. 2019. **Mapa de distribuição da Radiação Solar no Ceará em 2019**. 4 fotografia. Disponível em: <http://atlas.adece.ce.gov.br/ebook/mobile/index.html>. Acesso em: 22/08/2022.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-paradiscussao/td166> Acesso em: 20/07/2022.

SOLAR, inovacare.[**Sistema Off Grid**]. 1 fotografia. Disponível em: [https://inovacare.solar/images/sistema\\_offgrid.png](https://inovacare.solar/images/sistema_offgrid.png). Acesso em 12/08/2022.

SOLAR, inovacare.[**Sistema On Grid**]. 2 fotografia. Disponível em: [https://inovacare.solar/images/sistema\\_ongrid.png](https://inovacare.solar/images/sistema_ongrid.png). Acesso em 12/08/2022.

SOUZA, C. Cerca de 85% da energia elétrica produzida no Brasil vem de fontes renováveis. **CNN Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/quase-metade-da-matriz-energetica-brasileira-vem-de-fontes-renovaveis/> Acesso em: 05/08/2022.

SPADUTO, Robson Ruiz et al. **Projeto de um sistema fotovoltaico de 2, 16 kWp conectado à rede elétrica**. In: XI CEEL-XI Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica, Uberlândia. 2013. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/277360527/PROJETO-DE-UM-SISTEMA-FOTOVOLTAICO-DE-2-16-kWp-CONECTADO-A-REDE-ELETRICA-pdf>. Acesso em: 01/08/2022.

TAXA de juros básica- Histórico. **Banco Central do Brasil**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 26/09/2022. Acesso em 26/09/2022.

# ANEXO A

## ANEXO A- TARIFA DE FORNECIMENTO BAIXA TENSÃO



DIRETORIA DE MERCADO \_ ENEL CEARÁ  
Gestão de Créditos e Operações Comerciais  
Faturamento CE



### TARIFA DE FORNECIMENTO - BAIXA TENSÃO

Tarifas Grupo B homologadas pela ANEEL

RESIDENCIAL BAIXA RENDA - B1	VERDE			AMARELA			VERMELHA PAT1			VERMELHA PAT2		
	kWh			kWh			kWh			kWh		
	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE
0 A 30 kWh	0,10243	0,09002	0,19245	0,10243	0,09658	0,19901	0,10243	0,18494	0,28737	0,10243	0,23202	0,33445
31 a 100 kWh	0,17559	0,15432	0,32991	0,17559	0,16556	0,34115	0,17559	0,24924	0,42483	0,17559	0,29632	0,47191
101 a 220 kWh	0,26339	0,23148	0,49487	0,26339	0,24835	0,51173	0,26339	0,32640	0,58979	0,26339	0,37348	0,63687
ACIMA 220 kWh	0,29265	0,25720	0,54985	0,29265	0,27594	0,56859	0,29265	0,35212	0,64477	0,29265	0,39920	0,69185
B1 - RESIDENCIAL NORMAL	kWh			kWh			kWh			kWh		
	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE
	0,33158	0,25720	0,58878	0,33158	0,27594	0,60752	0,33158	0,35212	0,68370	0,33158	0,39920	0,73078
SUB-GRUPOS - B2 E B3 _OUTROS	kWh			kWh			kWh			kWh		
	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE
B2 - R U R A L	0,29179	0,22633	0,51812	0,29179	0,24507	0,53686	0,29179	0,32125	0,61304	0,29179	0,36833	0,66012
B2 - RURAL IRRIGANTE 8,5 horas	0,07878	0,06111	0,13989	0,07878	0,06617	0,14495	0,07878	0,08674	0,16552	0,07878	0,20311	0,17823
B2 - SERV PUBLICOS IRRIGACAO	0,27853	0,21604	0,49457	0,27853	0,23478	0,51331	0,27853	0,31096	0,37345	0,27853	0,35804	0,37345
B3 - AGUA, ESG. E SANEAMENTO	0,31169	0,24177	0,55345	0,31169	0,25938	0,57107	0,31169	0,33099	0,64268	0,31169	0,38377	0,68693
B3 - DEMAIS CLASSES (Com, Ind e Poder Público)	0,33158	0,25720	0,58878	0,33158	0,27594	0,60752	0,33158	0,35212	0,68370	0,33158	0,39920	0,73078
B4a - ILUMINACAO PUBLICA	0,18237	0,14146	0,32383	0,18237	0,16020	0,34257	0,18237	0,23638	0,41875	0,18237	0,28346	0,46583
B4b - ILUMINACAO PUBLICA	0,19895	0,15432	0,35327	0,19895	0,17306	0,37201	0,19895	0,24924	0,44819	0,19895	0,29632	0,45527