



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ADERBAL PORTELA DE AGUIAR NETO**

**ESTUDO COMPARATIVO DA VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE OS  
SISTEMAS ON-GRID E GRID ZERO APÓS A APROVAÇÃO DO NOVO MARCO  
LEGAL (LEI 14.300)**

**SOBRAL - CE**

**2022**

ADERBAL PORTELA DE AGUIAR NETO

**ESTUDO COMPARATIVO DA VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE OS  
SISTEMAS ON-GRID E GRID ZERO APÓS A APROVAÇÃO DO NOVO MARCO  
LEGAL (LEI 14.300)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao corpo docente do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. José Valdenir da Silveira  
Coorientador: Danilo Fernandes do Nascimento

SOBRAL - CE

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)

---

A227e Aguiar, Aderbal Portela de Aguiar Neto. ESTUDO COMPARATIVO DA VIABILIDADE ECONOMICA ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E GRID ZERO APÓS A APROVAÇÃO DO NOVO MARCO LEGAL (LEI 14.300) / Aderbal Portela de Aguiar Neto Aguiar. – 2022. 54 f. : il. color. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Curso de Engenharia Elétrica, Sobral, 2022. Orientação: Prof. Dr. José Valdenir da Silveira . Coorientação: Prof. Danillo Fernandes do Nascimento. 1. Sistemas fotovoltaicos.. 2. Lei nº 14.300. 3. On-Grid. 4. Grid Zero. I. Título. CDD 621.

---

ADERBAL PORTELA DE AGUIAR NETO

**ESTUDO COMPARATIVO DA VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE OS  
SISTEMAS ON-GRID E GRID ZERO APÓS A APROVAÇÃO DO NOVO MARCO  
LEGAL (LEI 14.300)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Corpo Docente do Departamento de  
Engenharia Elétrica da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
título de Engenheiro Eletricista.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Valdenir, da Silveira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcelo Marques Simões de Souza  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Danillo Fernandes do Nascimento

Universidade Federal do Ceará (UFC)

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por sempre está comigo em todas as fases da minha vida.

Aos meus pais, por sempre me darem suporte e apoio para meus projetos.

A minha esposa, por me apoiar e me incentivar em todos os momentos.

A minha filha Maria Lais, por me mostrar todos os dias o segredo da felicidade.

Ao meu Avô Gerardo Ximenes de Aguiar, pelas conversas de incentivos.

Ao Prof. Dr. José Valdenir da Silveira e ao amigo Danilo Fernandes do Nascimento pela excelente orientação.

Ao professor Dr. Marcelo Marques, por toda força e incentivo durante o curso de engenharia elétrica.

Ao Prof. Dr. Eber Diniz, a Prof. Dra. Vanessa Teixeira e ao Prof. Dr. Carlos Elmano por todo o suporte durante todo o período da faculdade.

Aos professores que compõe o curso de engenharia elétrica e computação da Universidade Federal do Ceará, por todo empenho desses profissionais que lutam por uma educação de qualidade.

Aos amigos que entenderam a ausência durante períodos de final de semestre e todos os amigos que fiz durante esse período de faculdade.

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso aonde estabelece-se a viabilidade do sistema de geração fotovoltaica Grid Zero sobre o sistema On-Grid após a aprovação da Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Os ambientes apresentados são uma residência monofásica localizada no bairro Renato Parente em Sobral-Ce e um comércio varejista trifásico localizado no centro de Fortaleza. O estudo foi fundamentado junto com os proprietários da residência e do comércio varejista, desta forma facilitando o trabalho. Foi feita uma análise comparando os dois sistemas para quatro situações, On-Grid, On-Grid com o marco legal, Grid Zero e Grid Zero com o marco legal. Por fim, é possível observar que para os casos apresentados, o sistema On-Grid é o mais ideal, obtendo o retorno financeiro mais rápido.

**Palavras-chaves:** Sistemas fotovoltaicos, Lei nº 14.300, On-Grid, Grid Zero.

## ABSTRACT

This work presents a case study where the viability of the Grid Zero photovoltaic generation system is established over the On Grid system after the approval of Law No. 14,300, of January 6, 2022. The environments presented are a single-phase residence located in neighborhood Renato Parente in Sobral-Ce and a three-phase retail trade located in the center of Fortaleza. The study was founded together with the owners of the residence and retail trade, thus facilitating the work. An analysis was made comparing the two systems for four situations, On Grid, On Grid with the legal framework, Grid Zero and Grid Zero with the legal framework. Finally, it is possible to observe that for the cases presented, the On Grid system is the most ideal, obtaining the fastest financial return.

**Keywords:** Photovoltaic systems, Law n° 14,300, On-Grid, Grid Zero.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema On-Grid .....	15
Figura 2 - Sistema Off-Grid com banco de baterias .....	16
Figura 3 - Sistema Híbrido .....	17
Figura 4 - Sistema Grid Zero .....	17
Figura 5 - Gráfico do consumo da residência .....	23
Figura 6 - Geração diária: Residência .....	24
Figura 7 - Geração mensal: Residência .....	24
Figura 8 - Consumo da residência durante o período de geração .....	25
Figura 9 - Geração diária de 1,41kWp da residência .....	26
Figura 10 - Análise de Simultaneidade: Residência .....	27
Figura 11 - Consumo diário: Comércio Varejista .....	29
Figura 12 - Geração diária: Comércio Varejista .....	30
Figura 13 - Geração mensal: Comércio Varejista .....	31
Figura 14 - Horários de consumo do comércio varejista no período de geração .....	31
Figura 15 - Geração diária do comércio para 4,70 kWp .....	33
Figura 16 - Análise de Simultaneidade: Comércio Varejista .....	33
Figura 17 - Comparação entre os sistemas .....	42
Figura 18 - Comparação entre os sistemas On-Grid e Grid Zero .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo total da residência .....	22
Tabela 2 - Consumo diário da residência no período de geração .....	25
Tabela 3 - Consumo real da residência .....	27
Tabela 4 - Investimento do sistema On-Grid .....	28
Tabela 5 – Investimento do sistema Grid Zero .....	28
Tabela 6 – Consumo do comércio varejista.....	29
Tabela 7 - Consumo diário do comércio no período de geração .....	32
Tabela 8 - Consumo real do comércio varejista .....	34
Tabela 9 - Investimento do sistema On-Grid .....	34
Tabela 10 - Investimento do sistema Grid Zero .....	35
Tabela 11 - Fatura da residência sem energia solar .....	36
Tabela 12 -Fatura da residência com energia solar .....	36
Tabela 13 - Payback da residência com energia solar .....	37
Tabela 14 - Fatura da residência com energia solar e Marco Legal .....	38
Tabela 15 - Economia utilizando o sistema On-Grid .....	38
Tabela 16 - Payback com o sistema On-Grid .....	39
Tabela 17 - Fatura da residência utilizando o Grid Zero .....	39
Tabela 18 - Tempo de retorno do investimento .....	40
Tabela 19 - Economia em 10 anos .....	40
Tabela 20 - Payback em 10 anos .....	40
Tabela 21 - Fatura da residência com Grid Zero e Marco Legal .....	41
Tabela 22 - Tempo de retorno do investimento .....	41
Tabela 23 - Economia em 10 anos .....	41
Tabela 24 - Payback em 10 anos .....	42
Tabela 25 - Fatura do comércio sem energia solar .....	43
Tabela 26 - Fatura do comércio com sistema On-Grid .....	44
Tabela 27 - Payback em 10 anos .....	44
Tabela 28 - Fatura de energia com sistema On-Grid e Marco Legal .....	45
Tabela 29 - Economia em 10 anos .....	46
Tabela 30 - Investimento em 10 anos .....	46
Tabela 31 - Fatura de energia com sistema Grid Zero .....	47
Tabela 32 - Payback em 10 anos .....	47
Tabela 33 - Fatura de energia com Grid Zero e Marco Legal .....	48
Tabela 34 - Economia em 10 anos .....	48
Tabela 35 - Payback em 10 anos .....	49

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
HSP	Horas de Sol Pico ou Horas de Sol Pleno
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira
MPPT	Maximum Power Point Tracking
IEA	Agência Internacional de Energia.
SPPO	Specific photovoltaic power output (Saída Específica de Potência Fotovoltaica)

## LISTA DE SÍMBOLOS

×	Multiplicação
%	Porcentagem
A	Ampère
<i>GW</i>	Gigawatt
I	Corrente
<i>KW</i>	Quilowatt
kWp	Quilowatt-PICO
kWh	Quilowatt-hora
<i>KWh/m2</i>	Quilowatt-hora por metro quadrado
<i>m</i>	Metro
<i>m2</i>	Metro quadrado
<i>mm2</i>	Milímetro quadrado
<i>MW</i>	Megawatt
P	Potência elétrica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS .....	14
1.1.1	<i>Objetivo Geral .....</i>	<i>14</i>
1.1.2	<i>Objetivos Específicos .....</i>	<i>14</i>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	ENERGIA SOLAR .....	15
2.1.1	<i>Sistemas Fotovoltaicos .....</i>	<i>15</i>
2.2	TAXAS NA CONTA DE ENERGIA. ....	18
2.3	CÁLCULO DO KWP .....	20
2.4	CÁLCULO DO PAYBACK .....	20
<b>3</b>	<b>RESIDÊNCIA .....</b>	<b>22</b>
3.1	ANÁLISE DO CONSUMO .....	22
3.2	GERAÇÃO COM SISTEMA ON-GRID .....	23
3.3	GERAÇÃO COM SISTEMA GRID ZERO .....	25
3.4	ANÁLISE DE SIMULTANEIDADE .....	26
3.5	ORÇAMENTOS DOS SISTEMAS .....	27
3.5.1	<i>Sistema On-Grid .....</i>	<i>28</i>
3.6	SISTEMA GRID ZERO .....	28
<b>4</b>	<b>COMÉRCIO VAREJISTA .....</b>	<b>29</b>
4.1	ANÁLISE DO CONSUMO .....	29
4.2	GERAÇÃO COM SISTEMA ON-GRID .....	30
4.3	GERAÇÃO COM SISTEMA GRID ZERO .....	31
4.4	ANÁLISE DE SIMULTANEIDADE .....	33
4.5	ORÇAMENTOS DOS SISTEMAS .....	34
4.5.1	<i>Sistema On-Grid .....</i>	<i>34</i>
4.6	SISTEMA GRID ZERO .....	35
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DE VIABILIDADE.....</b>	<b>35</b>
5.1	RESIDÊNCIA .....	36
5.1.1	<i>Fatura sem energia solar .....</i>	<i>36</i>
5.1.2	<i>Fatura com Sistema On-Grid .....</i>	<i>36</i>
5.1.3	<i>Fatura com energia solar + Marco Legal (Lei 14.300) .....</i>	<i>37</i>

5.1.4	<i>Fatura com Grid Zero</i> .....	39
5.1.5	<i>Fatura com Grid Zero com o Marco Legal</i> .....	40
5.1.6	<i>Comparação entre os investimentos</i> .....	42
5.2	COMÉRCIO VAREJISTA .....	43
5.2.1	<i>Fatura sem energia solar</i> .....	43
5.2.2	<i>Fatura com Sistema On-Grid</i> .....	43
5.2.3	<i>Fatura com energia solar com o Marco Legal (Lei 14.300)</i> .....	45
5.2.4	<i>Fatura com Grid Zero</i> .....	46
5.2.5	<i>Fatura Grid Zero com o Marco Legal</i> .....	47
5.2.6	<i>Comparação entre os investimentos</i> .....	49
5.3	TRABALHOS FUTUROS.....	50
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As fontes de energias renováveis estão ganhando cada vez mais espaço no setor da energia elétrica. Apesar da falta de insumos devido a pandemia do Covid 19, os preços da matéria prima mais elevados e os atrasos na entrega, houve um crescimento de 6% nas adições na capacidade renovável em 2021.

De acordo com a Agencia Internacional de Energia (Maio, 2022) “as energias renováveis quebrou mais um recorde no setor, atingindo 295 GW de geração, o equivalente a vinte usinas de Itaipu”. Globalmente, a capacidade de geração de energia Eólica teve um declínio global de 17% nas adições anuais, porém esta queda foi compensada com o aumento no setor da energia solar fotovoltaica e com o crescimento das instalações de hidroelétricas.

Comparando os anos de 2020 e 2021, a velocidade de crescimento da capacidade renovável em 2021 foi mais lento, após um alto crescimento em 2020. Em busca de diminuir o uso de combustíveis fósseis, tendo em vista a diminuição de gases do efeito estufa, a IEA vê como solução a utilização da energia limpa, seja ela Eólica, Solar, Hidráulica, Biomassa ou Geotérmica.

O uso de energia solar fotovoltaica cresceu por volta de 45%, comparando os anos de 2019 a 2021 (IEA,2022).

No mercado global, a China continuou na liderança isolada na participação de mercado das novas implantações, sendo responsável em 2021 pelo aumento de 46% das adições de capacidade renovável em todo o mundo. Em 2020, a China era responsável por 48% das adições, desta forma tendo um declínio de 2% comparando com o ano de 2021.

Em segundo colocado está a Europa, no aumento da capacidade instalada, atrás da China, mas a frente dos Estados Unidos. A Índia cresceu bastante, mas bem inferior a China, a Europa e os EUA. O mesmo pode-se dizer da América Latina.

Em maio de 2022, a ONU e seus parceiros lançaram duas iniciativas para agilizar a ação para tornar a energia limpa acessível para todos e a meta ambiciosa de emissões líquidas zero de carbono. Segundo o plano da ONU e seus parceiros, a intenção é contribuir para zerar as emissões até 2050 (Fiocruz, 2022).

Desta forma, mesmo que a meta da ONU (que o mundo consiga chegar a 100% de energia renovável até 2050) seja alcançada, a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera pode chegar a 500 ppm até 2050 e tornar o aquecimento solar incontrollável nos limites necessários para evitar uma tragédia ambiental.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo Geral***

Investigar a viabilidade econômica da implementação de um sistema de geração fotovoltaico On-Grid e Grid Zero para dois casos: uma residência localizada no município de Sobral-CE e um comércio varejista localizado no município de Fortaleza-CE.

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

- Realizar o levantamento de carga das unidades consumidoras;
- Analisar o horário de consumo de cada unidade consumidora;
- Comparar através do estudo de caso, qual o sistema será mais viável economicamente em cada unidade consumidora após a Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022 entrar em vigor.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Energia Solar

A energia solar é uma fonte renovável de geração de energia elétrica e pode ser gerada de forma fotovoltaica, térmica ou heliotérmica. Por não emitir gases poluentes responsável pelo o efeito estufa, essa fonte de energia é considerada limpa e renovável.

A geração fotovoltaica funciona através de placas solares, de silício, aonde se transforma a energia dos fótons em energia elétrica. A energia solar térmica utiliza o calor do sol para aquecer fluidos, aproveitando placas solares ou tubos a vácuo a fim de realizar a captação e transferir o calor para a água. A energia heliotérmica transforma a irradiação solar direta em energia térmica.

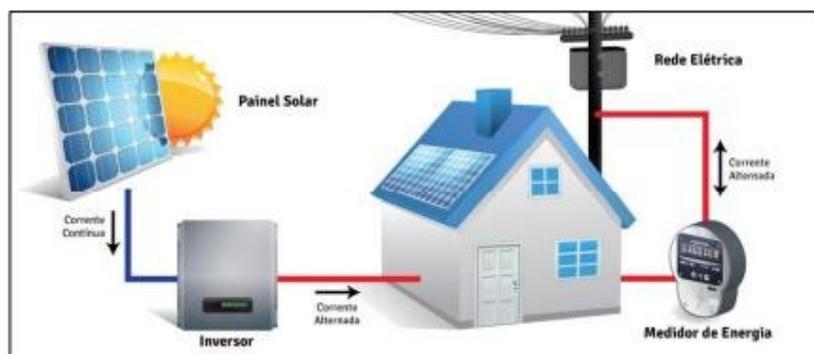
#### 2.1.1 Sistemas Fotovoltaicos

O sistema fotovoltaico funciona através da captação da luz solar por células fotovoltaicas que reagem convertendo a energia solar em energia elétrica, porém a corrente gerada pelo painel solar é contínua, então o inversor solar irá transformar a corrente elétrica contínua em corrente alternada, possibilitando a energia elétrica ser armazenada, distribuída ou mesmo utilizada.

Existem quatro tipos de sistemas de energia solar fotovoltaicos: conectado à rede (On-Grid), o sistema isolado (Off Grid), gerador fotovoltaico híbrido e o sistema Grid Zero.

Os sistemas fotovoltaicos On-Grid conectam-se a rede de distribuição elétrica para entregar através da mesma o excedente produzido. Já os sistemas Off Grid, operam isolados da rede elétrica armazenando em baterias o excedente produzido. Na Figura 1, é possível observar como funciona o sistema On-Grid.

Figura 1 - Sistema On-Grid

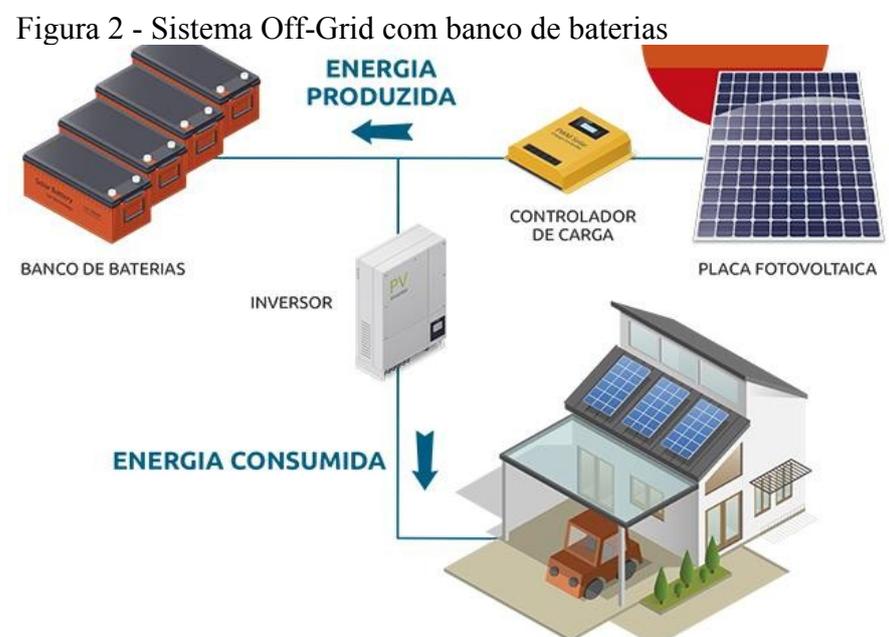


Fonte: BRASIL SOLAR (2016)

O medidor instalado pela concessionária na unidade de geração On-Grid, seja essa pessoa jurídica ou pessoa física, é diferente por ser bidirecional, que mede tanto a energia que entra no sistema como a que sai, desta forma a distribuidora consegue ter o controle da quantidade de energia injetada na rede.

O excesso produzido no sistema On-Grid, é transformada em créditos que pode ser abatido em uma conta de energia futura em até cinco anos. Esses créditos podem ser descontados na conta de energia um valor de até 95%.

O sistema Off Grid, conhecido por sistemas autônomos de energia, funcionam com baterias que armazenam a energia produzida pela placa solar, desta forma sem contato com a rede elétrica, como é demonstrado na Figura 2.



Fonte: Ecoaquecedores (2022)

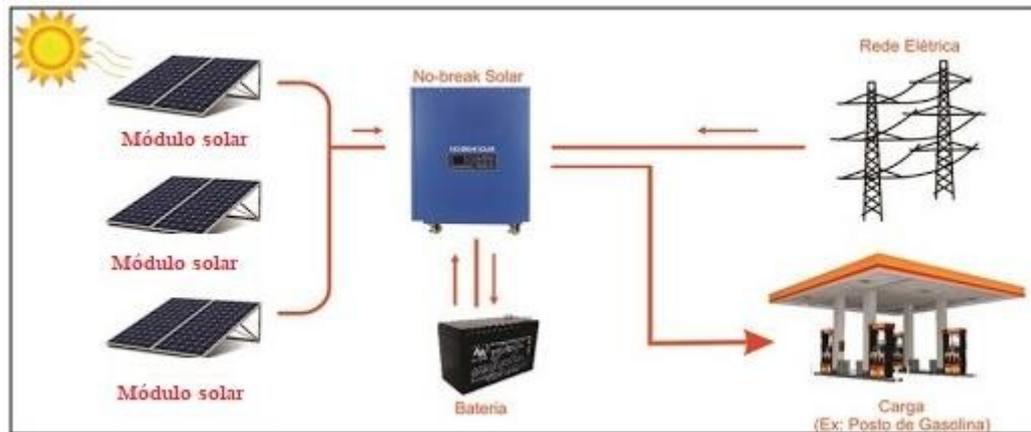
Um exemplo do uso desses sistemas são localidades que não tem acesso à energia elétrica, onde deve atender o consumo de uma residência ou comércio mesmo quando a luz solar não estiver disponível.

Os sistemas off grid funcionam com o uso de um controlador de carga que irá gerenciar o abastecimento das baterias com a energia produzida pelo painel. Posteriormente, o inversor transfere a energia das baterias e convertem a sua corrente para que ela possa atender o consumo.

O sistema híbrido consiste na junção do sistema On-Grid com o sistema Off Grid, operando na rede ao mesmo tempo em que contam com baterias para o armazenamento da energia produzida, como é demonstrado na Figura 3. O sistema híbrido é utilizado em

consumidores em que não há tolerância a falta de energia como hospitais, supermercados e centro de pesquisas. Na Figura 3, é possível observar como funciona o sistema híbrido.

Figura 3 - Sistema Híbrido

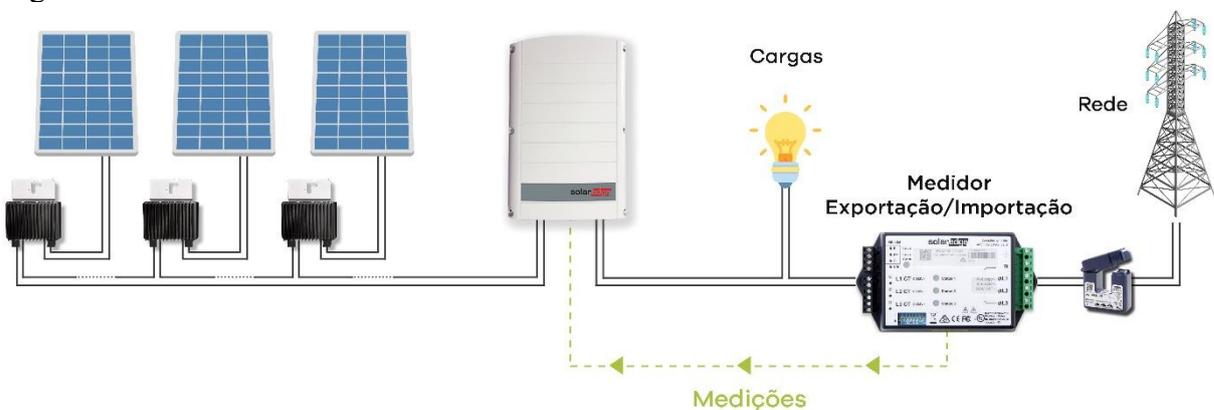


Fonte: Ocaenergia (2022)

No sistema fotovoltaico híbrido, são utilizados dois inversores, um do tipo On-Grid e outro do tipo off grid ou um inversor que consiga operar em ambas configurações. O sistema off grid age quando houver uma interrupção da rede elétrica, desta forma utilizando a energia armazenada nas baterias.

O sistema Grid Zero é conectado na rede, porém a energia produzida não consumida, não volta para a rede elétrica em forma de créditos para ser compensado na unidade consumidora. Na Figura 4, é possível observar o modelo de funcionamento do sistema Grid Zero.

Figura 4 - Sistema Grid Zero



Fonte: Energia solar Shopping (2022)

O sistema Grid Zero é uma tecnologia nova no setor das energias renováveis. Trata-se de um sistema no qual não há injeção de excedentes na rede elétrica, ou seja, a

energia produzida pelos painéis é consumida alimentando os aparelhos eletrônicos. A energia produzida é direcionada para o quadro de distribuição.

O sistema Grid Zero conta com um inversor inteligente, que controla a quantidade de energia produzida dependendo da necessidade do local. O objetivo do sistema Grid Zero é atender o autoconsumo do momento. Esse sistema pode ser utilizado em conjunto com o sistema On-Grid. Esse sistema é uma forma de suprir a necessidade do cliente sem realizar mudanças nos contratos firmados com a concessionária de energia elétrica.

Nos países como Alemanha e Estados Unidos, já são utilizadas essas tecnologias tanto nas indústrias e como no agronegócio. Essa modalidade é totalmente livre de encargos, impostos, tarifas e taxas.

## **2.2 Taxas na conta de energia.**

Na descrição do faturamento da conta de energia, é possível observar que existem cinco taxas: Tarifa de Energia (TE), Tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), Contribuição de Iluminação Pública (CIP), taxa de disponibilidade e o imposto de circulação de mercadorias e serviços (ICMS) e PIS/COFINS.

Tarifa é o valor em reais pago pelo consumidor pela energia ativa, sendo o consumo cobrado a soma das tarifas TE e TUSD, sendo os tributos incidentes sobre cada tipo de contrato, tais IPI, COFINS e ICMS. As empresas que possuem geração própria, como os de painéis fotovoltaicos, são cobrados TUSD e TE, pois utilizam a eletricidade da rede durante a noite.

**A tarifa de energia (TE)** é determinada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em R\$/MWh referente ao consumo de energia elétrica que foi utilizado ou desperdiçado durante trinta dias. O aumento ou a diminuição da TE, dependerá da eficiência da gestão de energia elétrica da empresa.

**A Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD)** é determinada pela ANEEL e trata-se do valor em R\$/MWh ou R\$/KW cobrado pelo o uso do sistema de distribuição. Na TUSD são cobradas as despesas geradas no caminho da energia desde a fonte até o consumidor final.

**A Contribuição de iluminação pública (CIP)**, prevista no artigo 149-A, da constituição federal é destinada para a manutenção dos serviços de iluminação em ruas, avenidas e praças. Também são utilizadas verbas da CIP para a expansão da iluminação pública.

**Fio B** é uma tarifa componente da TUSD. Essa consiste para os custos vinculados a utilização da infraestrutura da rede de distribuição da concessionária local para distribuição da energia fotovoltaica gerada em residências, comércios, indústrias e propriedades rurais. (Canal Solar, 2022). A partir do dia 07/01/2023, ao homologar o projeto de energia solar On-Grid junto a concessionária de energia elétrica, o cliente estará sujeito as novas regras de não compensação Fio B.

Em 2023, ao homologar o projeto junto a concessionaria, o cliente passará a pagar a tarifa Fio B de forma escalonada ao longo dos anos como mostrado abaixo:

- Solicitação de Acesso protocolada em 7/1/2023: pagará 15% do Fio B em 2023, 30% do Fio B em 2024 e assim sequencialmente até o sétimo ano de transição onde estará pagando 90% do Fio B mais o percentual que a ANEEL determinar ou não após a valoração dos benefícios da GD;
- Solicitação de Acesso protocolada em 7/1/2024 pagará 30% do Fio B em 2024, 45% do Fio B em 2025 e assim sequencialmente até o sétimo ano de transição onde estará pagando 90% do Fio B mais o percentual que a ANEEL determinar ou não após a valoração dos benefícios da GD.

A tarifa dependerá da análise de adensamento populacional de cada rede de concessão (calculado pela concessionária). Quanto mais otimizada a relação UCs (Unidades Consumidoras) x Área de concessão, mais barato deverá ser o valor da TUSD Fio B. Desta forma, o valor da TUSD Fio B não tem um valor percentual fixo, ele irá variar de acordo com a região.

No estado de São Paulo, quanto mais unidades consumidoras estiver na região, mais em conta será a tarifa fio B. Para encontrar o valor cobrado ao certo, basta consultar os resultados dos processos tarifários de distribuição da ANEEL e baixar a estrutura tarifária da distribuidora da área de concessão objeto de consulta.

**A taxa de disponibilidade** é uma tarifa mínima para levar o serviço de energia elétrica para os consumidores. A cobrança é feita mesmo o consumidor não fazendo o uso da energia elétrica. As taxas são cobradas pelas concessionárias de energia elétrica e pode variar dependendo do perfil de consumo de uma residência e dos padrões de conexão que são classificados em Monofásico, Bifásico e Trifásico.

A Resolução Normativa 414 de 2010, estabelece os valores para cada padrão de consumidor: monofásico de 30kWh, bifásico de 50kWh e trifásico de 100 kWh. (ANEEL, 2010).

**O Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS)** é um imposto estadual. Tal imposto é uma das maiores tarifas composta na conta de energia. No Ceará, a alíquota de ICMS é de vinte por cento.

**A Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (PIS/COFINS)** é direcionado para a manutenção de direitos como a Previdência Social, a Assistência Social e a Saúde Pública.

### 2.3 Cálculo do kWp

O cálculo é feito utilizando a seguinte fórmula:

$$kWp = \frac{12 \times kWh}{[SPPO - (7\%)SPPO]} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

12 = É número de meses contidos num ano;

kWh = Consumo médio anual;

SPPO = Specific Photovoltaic Power Output, (Saída específica de potência fotovoltaica) encontrado no site Global Atlas Solar.

Após saber o valor em kWp de cada unidade consumidora, o autor utilizou o site da fornecedora Aldo Solar (2022) para encontrar o melhor sistema que atende as necessidades de cada UC.

### 2.4 Cálculo do payback

Para este trabalho será calculado o payback simples. Para o cálculo do retorno financeiro, foi considerado os seguintes itens:

- Reajuste tarifário de 5% ao ano;
- Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10%;
- Tarifa de energia TE e TUSD de acordo com as contas de energia das respectivas unidades consumidoras.

As tarifas Fio B consideradas são retiradas da ANEEL (2016), onde para cada conta de energia é utilizada uma tarifa diferente. Em ambos os casos se tem as seguintes variáveis:

- Sub Grupo: B1;
- Modalidade: Convencional;

- Classe: Residencial;
- Sub Classe: Residencial;
- **TUSD Fio B:** 0,28315.

Logo, para este estudo a tarifa TUSD Fio B utilizada será a mesma, no valor de 0,28315.

### 3 RESIDÊNCIA

#### 3.1 Análise do consumo

Para preservar a identidade dos clientes em estudo, serão utilizadas Tabelas especificando o consumo, omitindo o nome dos mesmos. Para a análise do consumo fez-se o levantamento de cargas que cada unidade consumidora (UC) utiliza no dia, e se estipulou um média mensal. Com essa análise será possível fazer a comparação do sistema On-grid e Grid Zero.

Para dimensionar o sistema da residência, foi construída a Tabela 1, para a identificação do consumo de cada equipamento. Para fazer a média mensal de consumo da residência, basta multiplicar o valor do consumo diário por 30 (quantidade de dias no mês).

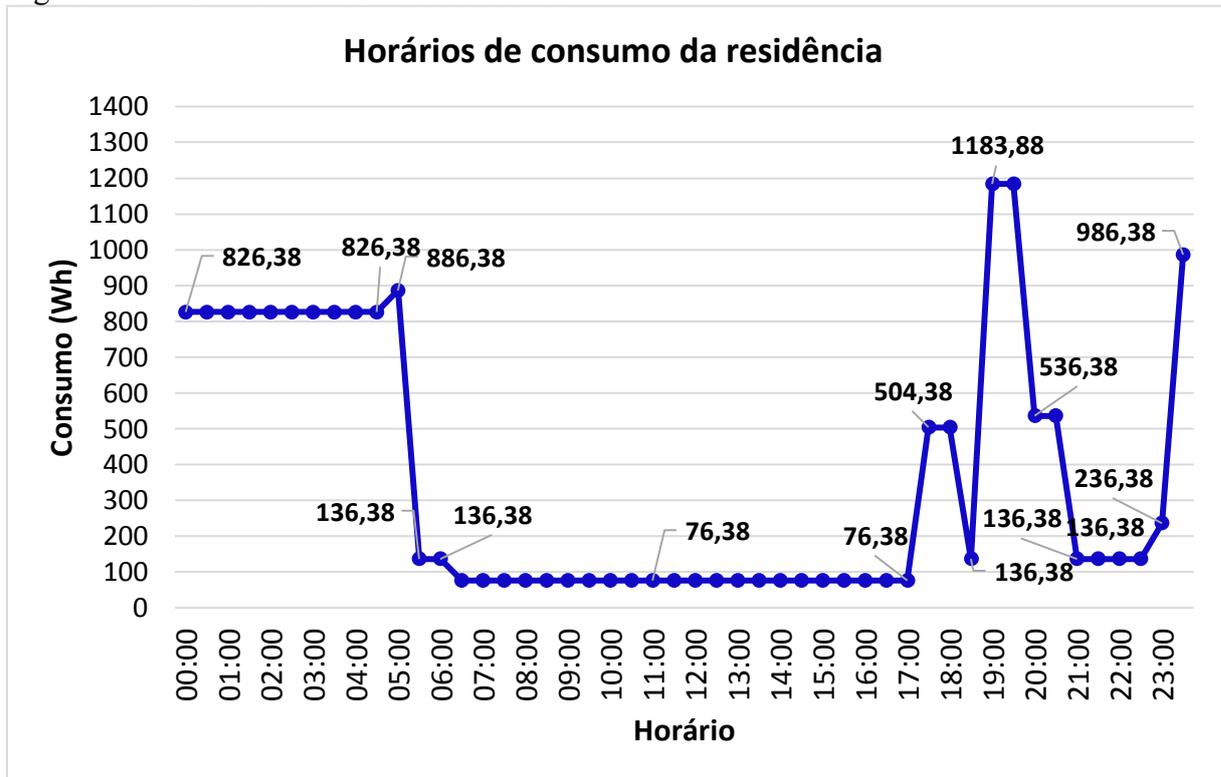
Tabela 1 - Consumo total da residência

<b>Residência: Análise do Consumo</b>			
	<b>Potência (W)</b>	<b>Tempo (h)</b>	<b>Wh</b>
Gelágua	12,916	24	309,98
Geladeira	63,46	24	1523,04
1 Ar condicionado 7000 BTUs	750	6	4500,00
6 lâmpadas 10W	60	8	480,00
Televisão	100	1	100,00
Máquina de Lavar	400	1	400,00
Sugar	130	1	130,00
Motor da Piscina	736	1/2	368,00
Airfryer	665	1/2	332,50
Microondas	1150	1/2	575,00
Fogão	300	1/30	10,00
<b>TOTAL DIÁRIO (Wh)</b>			<b>8728,52</b>
<b>TOTAL MENSAL (kWh)</b>			<b>261,86</b>

Fonte: Autoria própria

A residência tem um consumo de **8728,52Wh** por dia e **261,86 kWh** de consumo mensal. O gráfico da Figura 5 mostra de forma resumida, o consumo em Wh que a residência possui durante o dia.

Figura 5 - Gráfico do consumo da residência



Fonte: Autoria própria

### 3.2 Geração com sistema On-Grid

Para essa análise, é necessário encontrar um sistema On-Grid no mercado que atenda às necessidades de cada unidade consumidora (UC), sendo necessário calcular o quilo-watt-pico (kWp) de cada UC.

Para encontrar os equipamentos (inversor e placas) que melhor atendem o consumo da residência, é necessário saber o quilo-watt pico (kWp) da mesma.

Para calcular o kWp são necessários os seguintes dados:

- Média mensal do consumo (kWh) = 261,86 kWh;
- Saída Específica de Potência Fotovoltaica (SPPO) de Sobral = 1569,4 (SOLAR ATLAS, 2022).

Aplicando na fórmula, tem-se:

$$kWp = \frac{12 \times 261,86}{[1569,40 - (7\%) \times 1569,40]}$$

$$kWp = 2,15$$

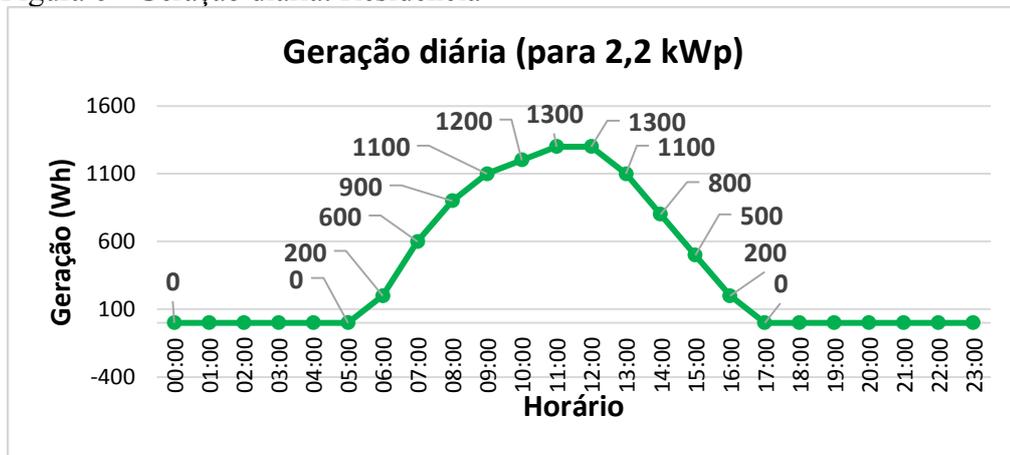
Após calcular o valor de quilo watt pico, será analisado o melhor inversor e qual

será a melhor placa solar para o local da instalação. O sistema mais próximo ao calculado é de 2,20 kWp e foi encontrado no site da Aldo Solar (2022).

- Sistema escolhido: 2,20 kWp;
- Tecnologia: Inversor Solar Growatt On-Grid Mic2000tl-X 2kw Monofásico;
- N° de Placas: 4 Paineis Solar Ja Jam72s30-550/Mr 550w.

Sabendo que o sistema escolhido irá gerar 2,20 kWp, é possível encontrar a geração diária do sistema para a residência (SOLAR ATLAS, 2022). A geração diária é apresentada no gráfico da Figura 6.

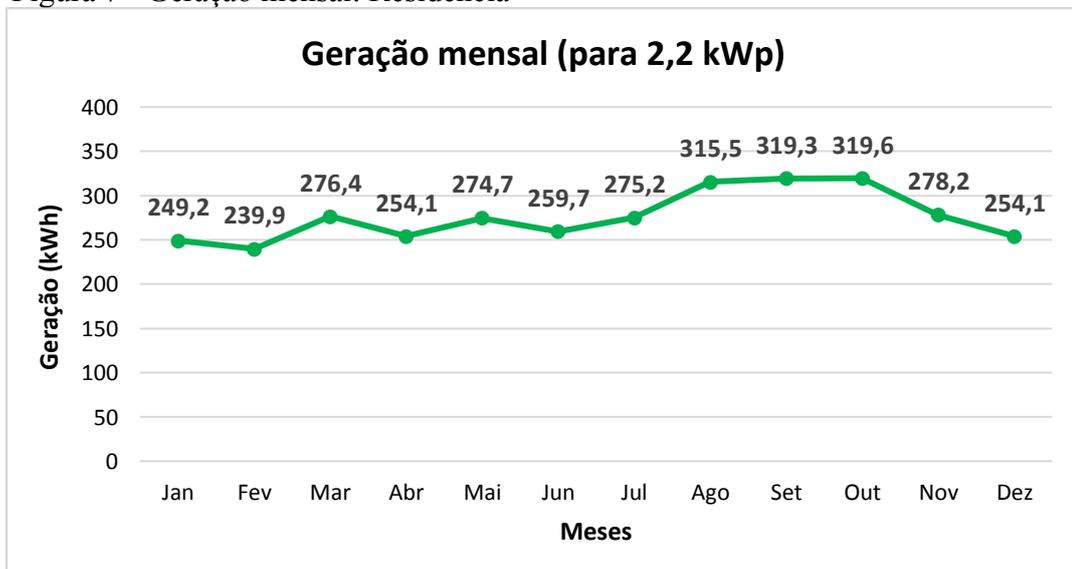
Figura 6 - Geração diária: Residência



Fonte: Autoria própria

Para a fazer o gráfico da geração, foi utilizado o site da SOLAR ATLAS (2022), que informa a geração mensal em kWh para 2,2 kWp na cidade de Sobral. O gráfico da Figura 7 mostra a geração esperada para cada mês.

Figura 7 - Geração mensal: Residência

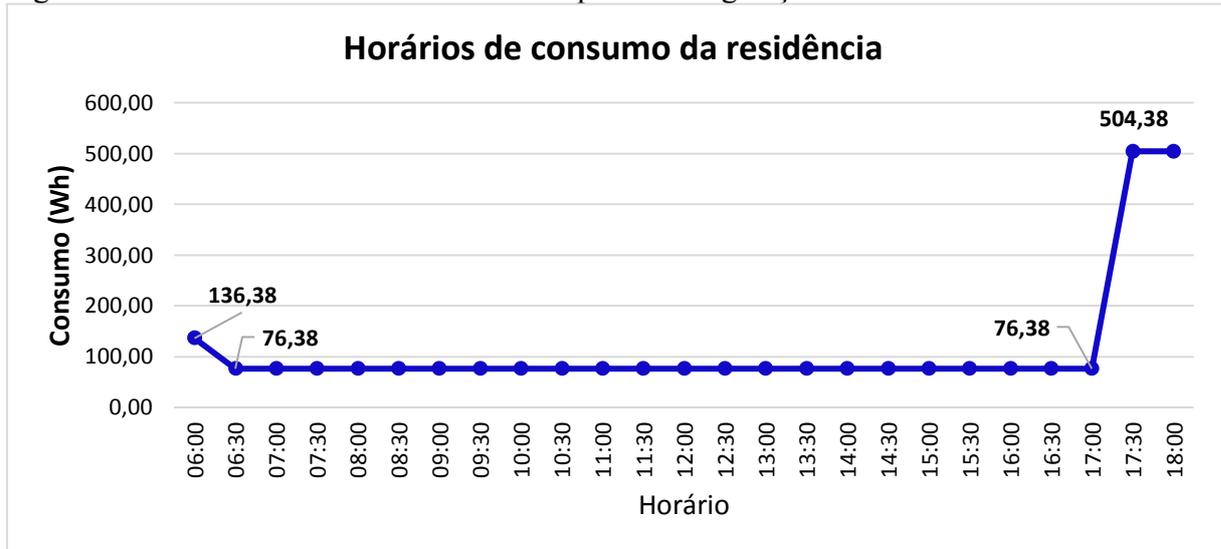


Fonte: Autoria própria

### 3.3 Geração com sistema Grid Zero

Para encontrar o melhor sistema Grid Zero que atende a residência, é necessário encontrar o kWp referente ao consumo diurno, ou seja, quando há produção de energia solar. O gráfico da Figura 8 mostra o consumo diário apenas do horário referente a geração.

Figura 8 - Consumo da residência durante o período de geração



Fonte: Autoria própria

Para esse horário, a residência tem um **consumo de 1412,70 Wh por dia**. Já para o consumo mensal, é utilizada a Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo diário da residência no período de geração

Consumo diário (Wh)	Quantidade de dias	Consumo mensal (kWh)
1412,70	30	42,38

Fonte: Autoria própria

Para calcular o kWp são necessários os seguintes dados:

- Média mensal do consumo (kWh) = 42,38 kWh;
- Saída Específica de Potência Fotovoltaica (SPPO) de Sobral = 1569,4 (SOLAR ATLAS, 2022).

Aplicando na fórmula, tem-se:

$$kWp = \frac{12 \times 42,38}{[1569,40 - (7\%) \times 1569,40]}$$

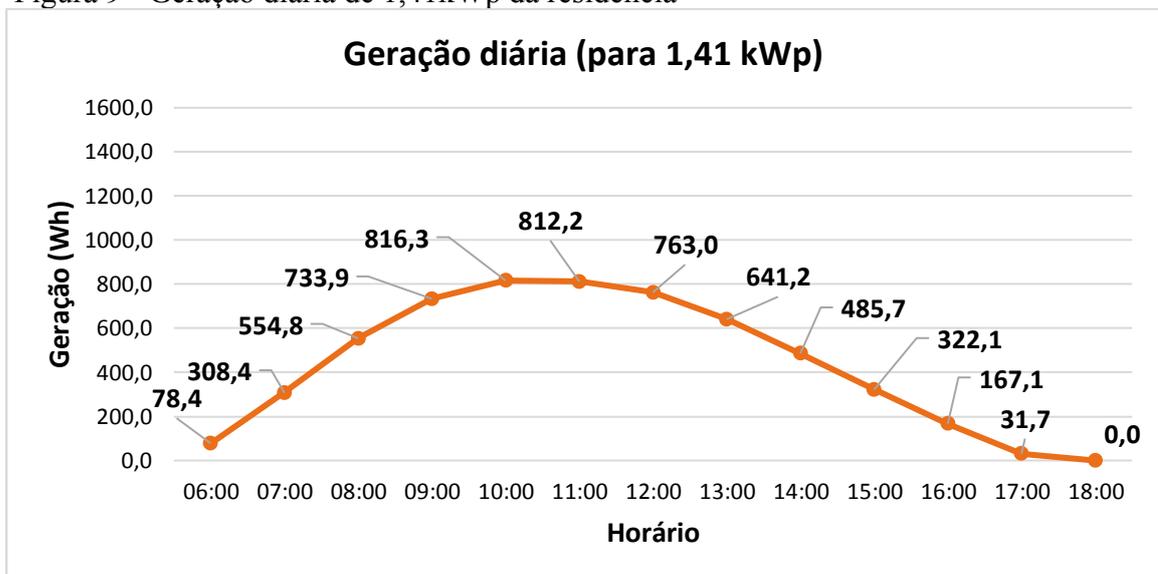
$$kWp = 0,35$$

Com o valor de quilo watt pico, escolhe-se o melhor sistema Grid Zero para a instalação. Nesse caso, o autor utilizou o site da Aldo Solar (2022) e escolheu-se um sistema que mais se aproxima do valor de kWp calculado.

- Sistema escolhido: 1,41 kWp;
- Tecnologia: 1 Inversor Solar Growatt On-Grid Mic1500tl-X 1.5kw Monofasico;
- N° de Placas: 3 Placas solares de 470 W da marca Jinko e modelo- JINKO JKM470N-60HL4-V;
- 1 Smart Energy Manager Growatt Bidirecional.

Sabendo que esse sistema irá gerar 1,41 kWp, é possível encontrar a geração diária do sistema para a residência. Com base no site da SOLAR ATLAS (2022), e considerando o mês de março temos o padrão de geração diária da Figura 9.

Figura 9 - Geração diária de 1,41kWp da residência



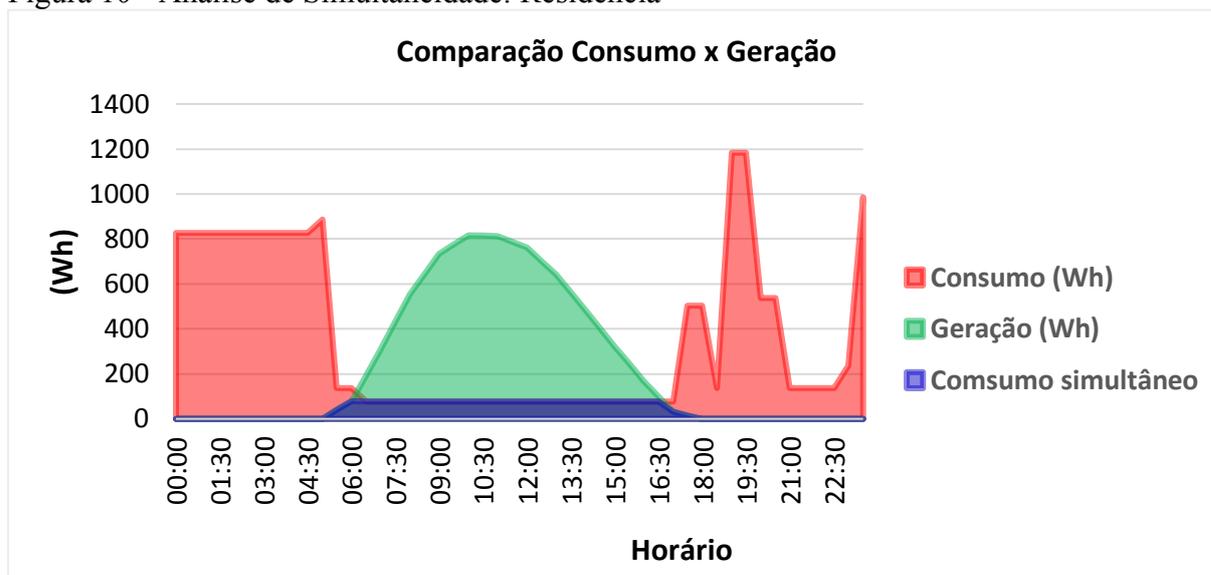
Fonte: Autoria própria

### 3.4 Análise de simultaneidade

Para se fazer uma estimativa do quanto se irá consumir após a energia solar, é necessário comparar os gráficos de geração e de consumo de cada caso.

A primeira análise é de uma residência que tem seu maior consumo durante o período noturno. O gráfico da Figura 10 mostra a análise de consumo e geração da residência.

Figura 10 - Análise de Simultaneidade: Residência



Fonte: Autoria própria

Na Figura 10, a área hachurada em verde mostra a energia ativa injetada na rede, ou seja, a energia gerada excedente. A área hachurada em vermelho mostra o consumo ativo da rede, que neste caso é o período de maior consumo na residência.

Observando a Figura 10, é visto que a área hachurada em azul mostra a o consumo simultâneo (simultaneidade). Esta área representa a energia que é consumida simultaneamente ao período de geração, ou seja, a unidade gera energia e já consome simultaneamente. Por não passar pelo medidor de energia, portanto, não incidirá cobrança de Fio B nesta parcela. A Tabela 3 mostra o consumo real da residência.

Tabela 3 - Consumo real da residência

Consumo ativo (Wh)	Simultaneidade (Wh)	Consumo real diário (Wh)	Consumo real mensal (kWh)
8728,52	884,523	7844,00	235,32

Fonte: Autoria própria

Esse consumo é uma estimativa do consumo do cliente após a implementação da energia solar.

### 3.5 Orçamentos dos sistemas

Neste tópico será analisado o valor do investimento para os sistemas On-Grid e Grid Zero.

### 3.5.1 Sistema On-Grid

Para este caso, escolheu-se um Inversor Solar Growatt On-Grid de 2kw e quatro placas solares de 550w da marca Ja e modelo Jam72s30-550/Mr 550w. Sobre a garantia do cliente, o micro inversor possui 15 anos de garantia e as placas solares possuem 25 anos de garantia. Na Tabela 4 é possível observar a discriminação do investimento em energia solar para a residência.

Tabela 4 - Investimento do sistema On-Grid

<b>Sistema com Inversor 2,20 kWp</b>	
<b>Qtd.</b>	<b>Nome</b>
1	Inversor Solar Growatt On-Grid Mic2000tl-X 2kw Monofásico 220v 1mppt Monitoramento
4	Painel Solar Ja Jam72s30-550/Mr 550w Deep Blue 144 Cel Mono Half Cell
2	Staubli Conector Mc4 32.0016+17p0002 - 02 Pares De Conectores Mc4
25 m	Cabo Solar Fotovoltaico Flexível 6mm 1,8kv Cc Rl 25 Preto
25m	Cabo Solar Fotovoltaico Flexível 6mm 1,8kv Cc Rl 25 Vm
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 8.699</b>

Fonte: Autoria própria

### 3.6 Sistema Grid Zero

Para esse sistema, serão utilizados 3 painéis solares da JINKO, modelo JKM470N-60HL4-V 470W, um inversor solar Growatt On-Grid de 1.5kW e 1 MPPT. Para esse sistema é utilizado um medidor de energia 1 Smart Energy Manager Growatt Bidirecional Medição Direta - 100a. O investimento desse sistema está discriminado na Tabela 5.

Tabela 5 – Investimento do sistema Grid Zero

<b>Sistema com Micro Inversor 1,41 kWp</b>	
<b>Qtd.</b>	<b>Nome</b>
1	Inversor Solar Growatt On-Grid Mic1500tl-X 1.5kw Monofasico 220v 1mppt Monitoramento
1	Estrutura Completa de Fixação em Telhado Cerâmico
1	Smart Energy Manager Growatt Bidirecional Mono Medição Direta
1	Dispositivos de proteção, cabos, quadros e aterramento
3	Painel Solar Jinko Jkm470n-60hl4-V Tiger Neo 470w 120cel. N Type Mono
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 10.699</b>

Fonte: Autoria própria

## 4 COMÉRCIO VAREJISTA

### 4.1 Análise do consumo

O levantamento das cargas utilizadas no horário de funcionamento do comércio está apresentado na Tabela 6. Esse levantamento foi realizado no período de 7:30 h à 17:30 h.

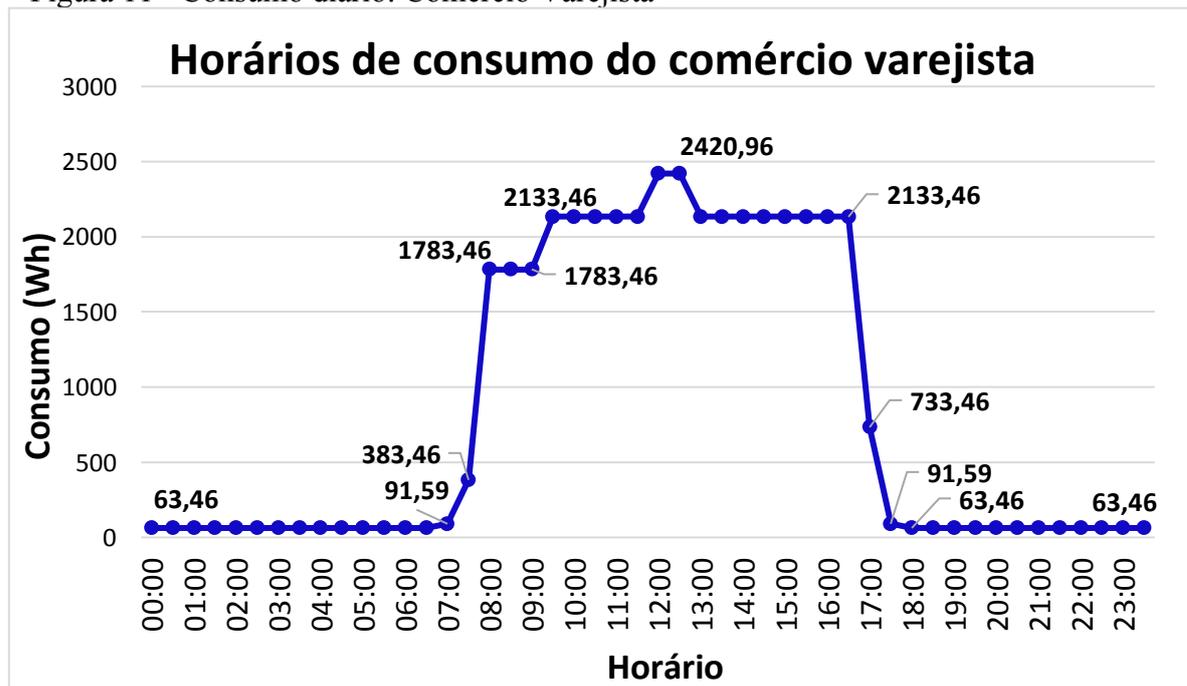
Tabela 6 – Consumo do comércio varejista

Comércio Varejista: Análise do consumo			
	Consumo (W)	Tempo (horas)	Wh
Geladeira	63,46	24	1523,04
Computador	200	10	2000
8 Lâmpadas 15W	120	10	1200
Ar condicionado 10000 BTUs	1400	9	12600
Cortina de Ar	200	8	1600
Ventilador	150	8	1200
Micro ondas	1150	1/4	287,5
Motor da porta	900	1/32	28,125
<b>TOTAL DIÁRIO (Wh)</b>			<b>20438,67</b>
<b>TOTAL MENSAL (kWh)</b>			<b>613,16</b>

Fonte: Autoria própria

O comércio varejista tem um **consumo de 20438,67 Wh por dia e 613,16 kWh de consumo mensal**. O gráfico da Figura 11 mostra de forma resumida, o consumo em Wh que o comércio varejista possui durante o dia.

Figura 11 - Consumo diário: Comércio Varejista



Fonte: Autoria própria

## 4.2 Geração com sistema On-Grid

Para encontrar os equipamentos (inversor e placas) que melhor atendem o consumo do comércio varejista, utilizou-se os seguintes dados:

- Média mensal do consumo (kWh) = 613,16 kWh;
- Saída Específica de Potência Fotovoltaica (SPPO) de Fortaleza = 1743.8 (SOLAR ATLAS, 2022).

Aplicando na fórmula, tem-se:

$$kWp = \frac{12 \times 662,31}{[1743,8 - (7\%) \times 1743,8]}$$

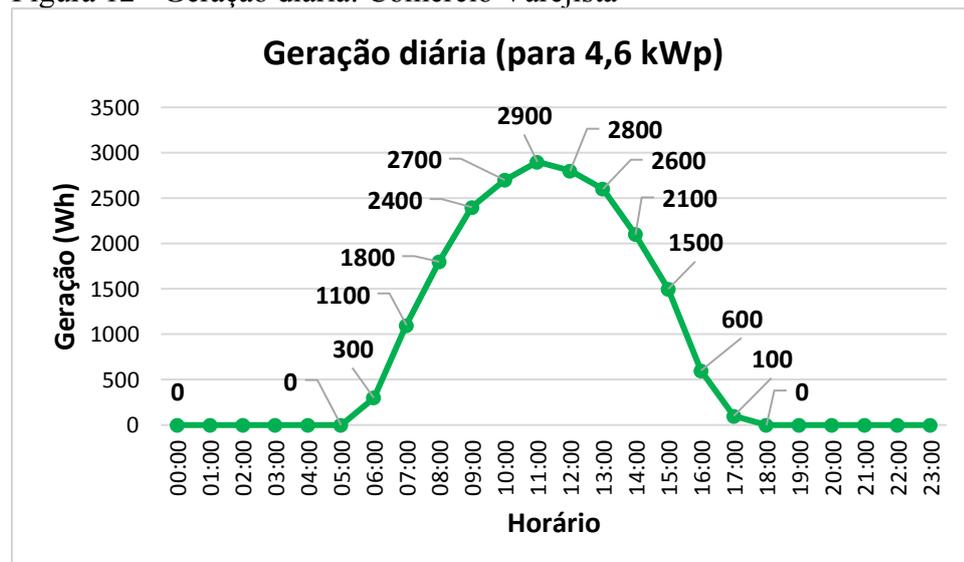
$$kWp = 4,54$$

Utilizando o site da Aldo Solar (2022) escolheu-se o seguinte sistema:

- Sistema escolhido: 4,6 kWp;
- Tecnologia: Inversor Solar Growatt On-Grid Min5000tl-X 5kw Monofasico;
- Nº de Placas: 10 placas de 460W da Jinko – JKM460M60HL4-V.

Para um sistema de 4,6 kWp, tem-se a geração diária no gráfico da Figura 12:

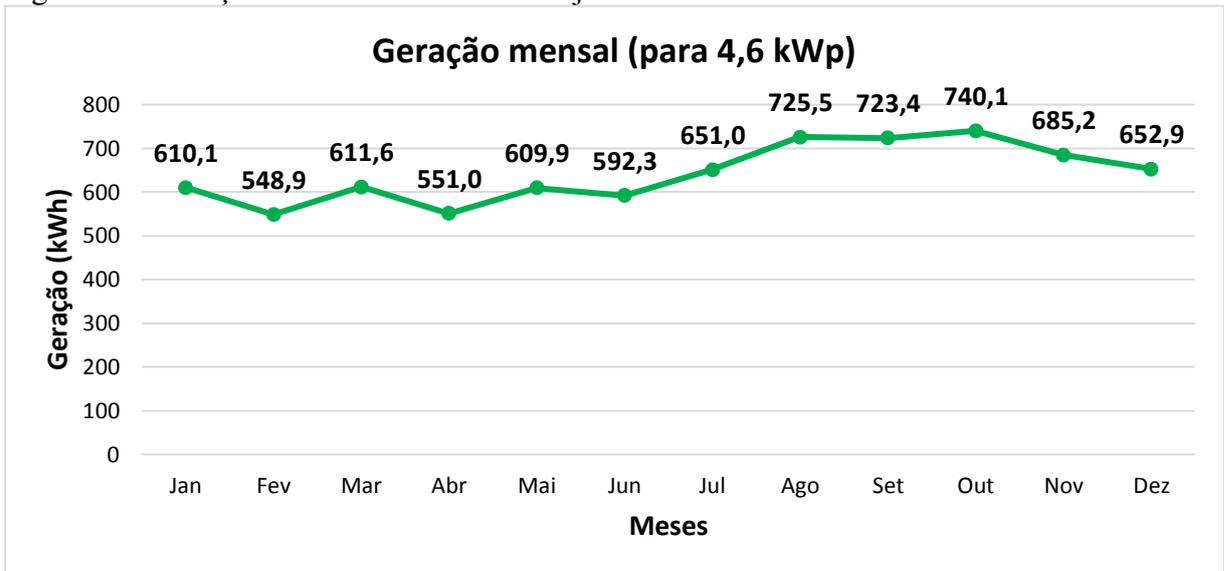
Figura 12 - Geração diária: Comércio Varejista



Fonte: Autoria própria

A geração mensal em kWh para 4,6 kWp na cidade de Fortaleza, encontra-se no gráfico da Figura 13.

Figura 13 - Geração mensal: Comércio Varejista

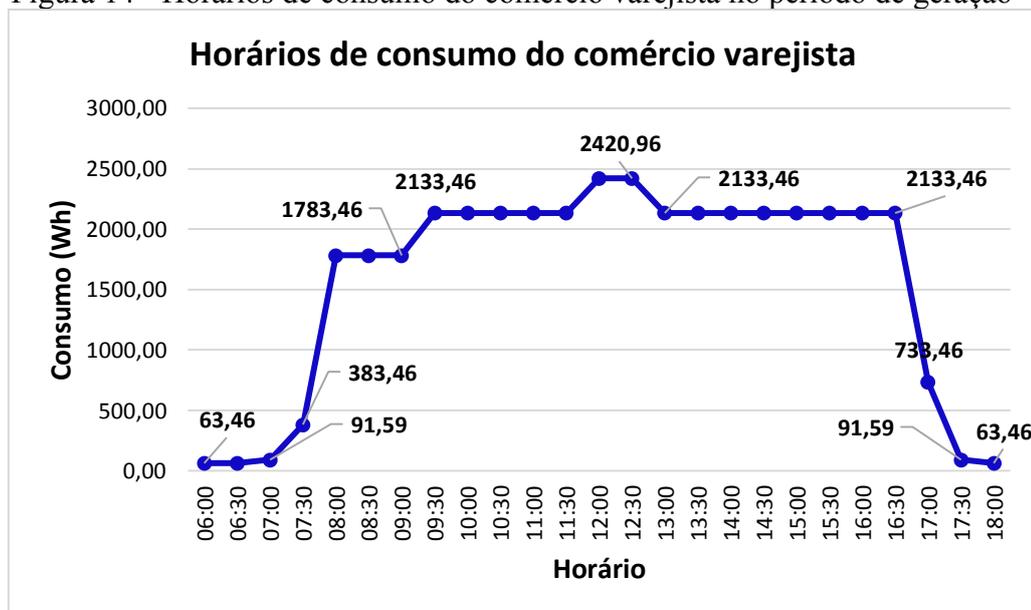


Fonte: Autoria própria

### 4.3 Geração com sistema Grid Zero

Para encontrar o melhor sistema Grid Zero que atende o comércio varejista, é necessário encontrar o kWp referente ao consumo diurno, ou seja, quando há energia solar. O gráfico da Figura 14 mostra o consumo diário apenas do horário referente a geração.

Figura 14 - Horários de consumo do comércio varejista no período de geração



Fonte: Autoria própria

Para esse horário, o escritório tem um **consumo de 19708,88 Wh por dia**. Já para o consumo mensal, é utilizada a Tabela 7.

Tabela 7 - Consumo diário do comércio no período de geração

Consumo diário (Wh)	Quantidade de dias	Consumo mensal (kWh)
19708,88	30	591,27

Fonte: Autoria própria

Para calcular o kWp são necessários os seguintes dados:

- Média mensal do consumo (kWh) = 591,27 kWh;
- Saída Específica de Potência Fotovoltaica (SPPO) de Fortaleza = 1743,8 (SOLAR ATLAS, 2022).

Aplicando na fórmula, tem-se:

$$kWp = \frac{12 \times 591,27}{[1569,40 - (7\%) \times 1569,40]}$$

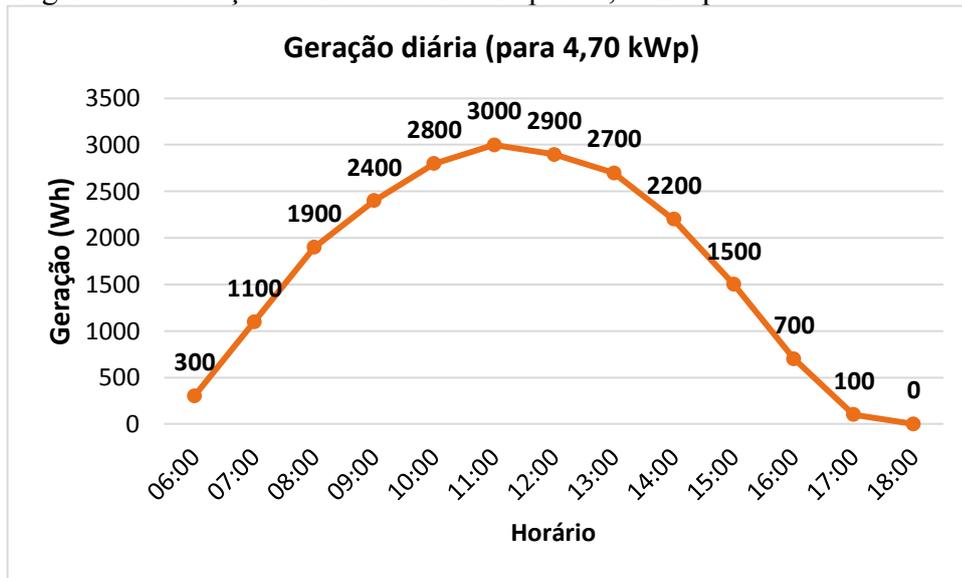
$$kWp = 4,38$$

Tendo o valor de quilo watt pico, é possível selecionar o melhor sistema Grid Zero para instalação. Com base no site da Aldo Solar (2022) e escolheu-se um sistema que mais se aproxima do valor de kWp calculado.

- Sistema escolhido: 4,7 kWp;
- Tecnologia: 1 Inversor Solar Growatt On-Grid Min5000tl-X 5kw Monofásico;
- Nº de Placas: 10 Placas solares de 470 W da marca Jinko e modelo - JKM470N-60HL4-V TIGER NEO;
- 1 Smart Energy Manager Growatt Bidirecional.

Sabendo que o sistema escolhido irá gerar 4,7 kWp, é possível encontrar a geração diária do sistema para o comércio varejista. Para isso utilizou-se o site da SOLAR ATLAS (2022) e o mês de julho. A geração diária é mostrada a seguir:

Figura 15 - Geração diária do comércio para 4,70 kWp

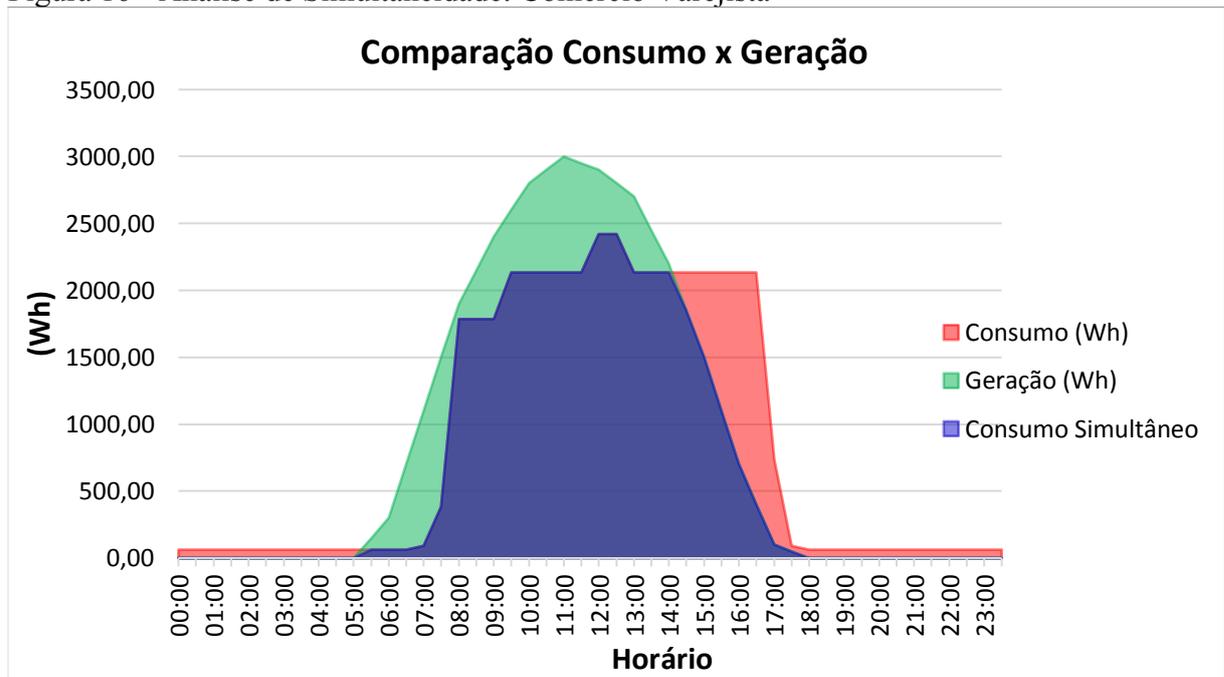


Fonte: Autoria própria

#### 4.4 Análise de Simultaneidade

A próxima análise é de um comércio varejista que tem seu maior consumo durante o período diurno. O gráfico da Figura 16 mostra a análise de consumo e geração do comércio varejista.

Figura 16 - Análise de Simultaneidade: Comércio Varejista



Fonte: Autoria própria

Observando a área hachurada em azul, percebe-se que a maior parte da energia já é consumida simultaneamente no período de geração.

O consumo real do comércio varejista é mostrado pela área hachurada em vermelho. A Tabela 8 mostra os resultados obtidos.

Tabela 8 - Consumo real do comércio varejista

Consumo ativo (Wh)	Simultaneidade (Wh)	Consumo real diário (Wh)	Consumo real mensal (kWh)
20438,67	16812,70	3625,96	108,78

Fonte: Aatoria própria

Esse consumo é uma estimativa do consumo do cliente após a implementação da energia solar.

## 4.5 Orçamentos dos sistemas

### 4.5.1 Sistema On-Grid

Foram utilizados Inversor Solar Growatt On-Grid de 5kw Monofásico com Painel Solar Jinko de 470W, totalizando 4,6 kWp, uma estrutura de fixação em telhado cerâmico, dispositivos de proteção, cabos, quadro e aterramento. Na Tabela 9 é possível analisar a discriminação dos valores investido na energia solar do comércio varejista.

Tabela 9 - Investimento do sistema On-Grid

Sistema com Inversor 4,6 kWp	
Qtd.	Nome
1	INVERSOR SOLAR GROWATT ON-GRID MIN5000TL-X 5KW MONOFASICO 220V 2MPPT MONITORAMENTO
1	SMART ENERGY MANAGER GROWATT BIDIRECIONAL MONO/BIF/TRIF RS485 MEDICAO DIRETA - 100A
10	PAINEL SOLAR JINKO – JKM460M60HL4-V
4	STAUBLI CONECTOR MC4 32.0016+17P0002 - 02 PARES DE CONECTORES MC4
50m	CABO SOLAR FOTOVOLTAICO FLEXIVEL 6MM 1,8KV CC RL 50 PRETO
50m	CABO SOLAR FOTOVOLTAICO FLEXIVEL 6MM 1,8KV CC RL 50 VERMELHO
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 19.759,00</b>

Fonte: Aatoria própria

#### 4.6 Sistema Grid Zero

Após obter os valores em kWp, foi pesquisado no site da Aldo Solar (2022) um sistema que gerasse energia mais próximo do calculado. O sistema mais próximo foi o de 4,70 kWp. Na Tabela 10, é possível observar a discriminação do valor a ser pago do sistema Grid Zero.

Tabela 10 - Investimento do sistema Grid Zero

<b>Sistema com Inversor 4,7 kWp</b>	
<b>Qtd.</b>	<b>Nome</b>
1	Inversor Solar Growatt On-Grid Min5000tl-X 5kw Monofasico 220v 2mppt Monitoramento
1	Smart Energy Manager Growatt Bidirecional Mono/Bif/Trif Rs485 Medicao Direta - 100a
10	Painel Solar Jinko Jkm470n-60hl4-V Tiger Neo 470w 120 Cel. N Type Mono 21,78% Eficiencia
4	Staubli Conector Mc4 32.0016+17p0002 - 02 Pares De Conectores Mc4
50m	Cabo Solar Fotovoltaico Flexivel 6mm 1,8kv Cc Rl 50 Preto
50m	Cabo Solar Fotovoltaico Flexivel 6mm 1,8kv Cc Rl 50 Vermelho
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 20.799</b>

Fonte: Autoria própria

## 5 ANÁLISE DE VIABILIDADE

Neste capítulo é feita a análise do payback para diferentes tipos de fatura, onde foi considerado apenas o valor do material. As faturas analisadas foram:

- Fatura com sistema On-Grid;
- Fatura com sistema On-Grid + Marco Legal;
- Fatura com Grid Zero;
- Fatura com Grid Zero + Marco Legal.

Esta analise permite determinar a viabilidade do sistema On-Grid e Grid Zero após a aprovação do novo Marco Legal (Lei 14.300, 6 de janeiro de 2022), sendo toda a análise feita baseada apenas na compra do material, não foi considerado preço de projeto (homologação) e a instalação do sistema.

## 5.1 Residência

### 5.1.1 Fatura sem energia solar

Analisando a Tabela 11, observa-se como é composta a fatura de energia elétrica sem o uso da energia solar. O valor total da fatura é a soma da multiplicação da TE com o kWh consumido mais a multiplicação da TUSD com o kWh consumido mais a Iluminação pública.

Tabela 11 - Fatura da residência sem energia solar

Residência - Fatura SEM Energia Solar				
Itens da Fatura	Unidade	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Total
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	261,86	0,44098	R\$ 115,47
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	261,86	0,61738	R\$ 161,66
Adicional de Bandeira	kWh			R\$ 0,00
Iluminação Pública				R\$ 27,50
Juros Moratórios				
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 304,64</b>

Fonte: Autoria própria

### 5.1.2 Fatura com Sistema On-Grid

Analisando a Tabela 12 é possível ver que a energia ativa fornecida TE irá se cancelar com a energia ativa injetada TE e a energia ativa fornecida TUSD não irá se cancelar com a energia ativa injetada TUSD, isto é, devido ao ICMS cobrado sobre da energia ativa injetada TUSD.

Tabela 12 -Fatura da residência com energia solar

Residência - Fatura COM Energia Solar (On-Grid)				
Itens da Fatura	Unidade	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Total
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	235,32	0,44098	R\$ 103,77
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	235,32	0,61738	R\$ 145,28
Adicional de Bandeira	kWh			R\$ 0,00
Energia Ativa Injetada <b>TE</b>	kWh	235,32	-0,44098	-R\$ 103,77
Energia Ativa Injetada <b>TUSD</b>	kWh	235,32	-0,45078	-R\$ 106,08
Adicional de Bandeira Comp.	kWh			R\$ 0,00
Adicional de Bandeira Custo de Disponibilidade	kWh	0,00		R\$ 0,00
Custo de Disponibilidade <b>TE</b>	kWh	0,00	0,44098	R\$ 0,00
Custo de Disponibilidade <b>TUSD</b>	kWh	0,00	0,61738	R\$ 0,00
Iluminação Pública				R\$ 27,50
Juros Moratórios				
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 66,70</b>

Fonte: Autoria própria

Então o total da conta de energia utilizando o sistema On-Grid será a somatória de todos os itens da fatura. Abaixo é mostrado o retorno do investimento

#### 5.1.2.1 Payback

Analisando a Tabela 13, é possível ver o retorno do investimento em até 10 anos. É possível observar que no quarto ano tem uma economia de aproximadamente R\$ 11.420,83 e um retorno do investimento de R\$ 2721,83. No último ano, é visto que se tem um retorno de investimento de aproximadamente R\$ 19.853,07.

Tabela 13 - Payback da residência com energia solar

Tempo (Anos)	Economia	Valor Investido
1	R\$ 2.855,21	-R\$ 5.843,79
2	R\$ 5.710,41	-R\$ 2.988,59
3	R\$ 8.565,62	-R\$ 133,38
4	R\$ 11.420,83	R\$ 2.721,83
5	R\$ 14.276,03	R\$ 5.577,03
6	R\$ 17.131,24	R\$ 8.432,24
7	R\$ 19.986,45	R\$ 11.287,45
8	R\$ 22.841,66	R\$ 14.142,66
9	R\$ 25.696,86	R\$ 16.997,86
10	R\$ 28.552,07	R\$ 19.853,07

Fonte: Autoria própria

#### 5.1.3 Fatura com energia solar + Marco Legal (Lei 14.300)

A Tabela 14 simula a conta de energia elétrica com o sistema de energia solar mais o Marco Legal. O consumo mínimo de energia não compõe mais a conta e será substituída pela TUSD Fio B.

Com esse novo formato, para o estado do Ceará, a TUSD Fio B é de aproximadamente 28,3% do kWh consumido. De acordo com o novo Marco Legal, para o ano de 2023 será cobrado uma taxa de 15% dos 28,3% do kWh consumido. A cada ano que se passa será acrescido mais 15% até somar um total de 90%.

Tabela 14 - Fatura da residência com energia solar e Marco Legal

<b>Residência - Fatura COM Energia Solar + Marco Legal (Lei 14.300)</b>					
<b>Itens da Fatura</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço unit (R\$) com tributos</b>	<b>% do Fio B TUSD) cobrado - Ano de 2023</b>	<b>Total</b>
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	235,32	0,44098		R\$ 103,77
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	235,32	0,61738		R\$ 145,28
Adicional de Bandeira	kWh				R\$ 0,00
Energia Ativa Injetada <b>TE</b>	kWh	235,32	-0,44098		-R\$ 103,77
Energia Ativa Injetada <b>TUSD</b>	kWh	235,32	-0,45078		-R\$ 106,08
Adicional de Bandeira Comp.	kWh				R\$ 0,00
Parcela cobrada pelo FIO B * (Referente à Energia TUSD consumida )	kWh	235,32	0,28315	15,00%	R\$ 9,99
Iluminação Pública					R\$ 27,50
Juros Moratórios					
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 76,70</b>

Fonte: Autoria própria

### 5.1.3.1 Payback

Na Tabela 15 tem-se a economia em 10 anos. Para o primeiro ano, a taxa do novo Marco Legal é de 15%. Ao decorrer dos anos o valor pago aumenta, desta forma o payback terá um retorno mais lento. Instalando no ano de 2023, a taxa aumenta 15% todos os anos até o sexto ano, 2028 que chegará a 90%.

Tabela 15 - Economia utilizando o sistema On-Grid

<b>Tempo (Anos)</b>	<b>% Marco Legal</b>	<b>Valor pago / ano (R\$)</b>	<b>Economia (R\$)</b>
1	15%	R\$ 920,38	R\$ 2.735,27
2	30%	R\$ 1.040,31	R\$ 2.615,34
3	45%	R\$ 1.160,25	R\$ 2.495,40
4	60%	R\$ 1.280,18	R\$ 2.375,47
5	75%	R\$ 1.400,12	R\$ 2.255,54
6	90%	R\$ 1.520,05	R\$ 2.135,60
7	90%	R\$ 1.520,05	R\$ 2.135,60
8	90%	R\$ 1.520,05	R\$ 2.135,60
9	90%	R\$ 1.520,05	R\$ 2.135,60
10	90%	R\$ 1.520,05	R\$ 2.135,60

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 16, é visto que no primeiro ano é o período de maior economia em termos de porcentagem. No quarto ano, o valor investido já tem um retorno de R\$ 1.522,49.

Tabela 16 - Payback com o sistema On-Grid

Tempo (Anos)	Economia	Valor Investido
1	R\$ 2.735,27	-R\$ 5.963,73
2	R\$ 5.350,61	-R\$ 3.348,39
3	R\$ 7.846,02	-R\$ 852,98
4	R\$ 10.221,49	R\$ 1.522,49
5	R\$ 12.477,02	R\$ 3.778,02
6	R\$ 14.612,62	R\$ 5.913,62
7	R\$ 16.748,22	R\$ 8.049,22
8	R\$ 18.883,83	R\$ 10.184,83
9	R\$ 21.019,43	R\$ 12.320,43
10	R\$ 23.155,03	R\$ 14.456,03

Fonte: Autoria própria

#### 5.1.4 Fatura com Grid Zero

A Tabela 17 é um modelo da fatura de energia com o sistema Grid Zero, que algumas taxas como TE e TUSD injetadas não estarão na conta, isto é devido o sistema não injetar energia na rede. Então a conta será calculada apenas pela energia ativa fornecida TE consumida, TUSD consumida, custo de disponibilidade e iluminação pública.

Tabela 17 - Fatura da residência utilizando o Grid Zero

Residência - Fatura Grid Zero				
Itens da Fatura	Unidade	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Total
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	235,32	0,44098	R\$ 103,77
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	235,32	0,61738	R\$ 145,28
Adicional de Bandeira	kWh			R\$ 0,00
Adicional de Bandeira Custo de Disponibilidade	kWh	0,00		R\$ 0,00
Custo de Disponibilidade <b>TE</b>	kWh	0,00	0,44098	R\$ 0,00
Custo de Disponibilidade <b>TUSD</b>	kWh	0,00	0,61738	R\$ 0,00
Iluminação Pública				R\$ 27,50
Juros Moratórios				
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 276,55</b>

Fonte: Autoria própria

##### 5.1.4.1 Payback

O payback do sistema Grid Zero para residência é visto na Tabela 18. É possível observar que o retorno é de 31,75 anos para o mesmo investimento feito para o sistema On-Grid.

Tabela 18 - Tempo de retorno do investimento

<b>Valor do Investimento (R\$)</b>	<b>R\$ 10.699,00</b>
<b>Payback (anos)</b>	<b>31,75</b>

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 19, é possível analisar a economia em 10 anos.

Tabela 19 - Economia em 10 anos

<b>Tempo (Anos)</b>	<b>Economia (R\$)</b>
1	R\$ 337,01
2	R\$ 337,01
3	R\$ 337,01
4	R\$ 337,01
5	R\$ 337,01
6	R\$ 337,01
7	R\$ 337,01
8	R\$ 337,01
9	R\$ 337,01
10	R\$ 337,01

Fonte: Autoria própria

Em 10 anos o retorno para o cliente ainda está negativo.

Tabela 20 - Payback em 10 anos

<b>Tempo (Anos)</b>	<b>Economia</b>	<b>Valor Investido</b>
1	R\$ 337,01	-R\$ 10.361,99
2	R\$ 674,02	-R\$ 10.024,98
3	R\$ 1.011,04	-R\$ 9.687,96
4	R\$ 1.348,05	-R\$ 9.350,95
5	R\$ 1.685,06	-R\$ 9.013,94
6	R\$ 2.022,07	-R\$ 8.676,93
7	R\$ 2.359,08	-R\$ 8.339,92
8	R\$ 2.696,09	-R\$ 8.002,91
9	R\$ 3.033,11	-R\$ 7.665,89
10	R\$ 3.370,12	-R\$ 7.328,88

Fonte: Autoria própria

### 5.1.5 Fatura com Grid Zero com o Marco Legal

Na Tabela 21 é possível analisar o modelo da conta para um sistema Grid Zero + Marco Legal. Como já visto no tópico 2.1.3, tem uma cobrança diferente, em vez da TUSD e TE fornecida, tem o TUSD Fio B consumida que ao longo de 6 anos haverá um aumento de 15% a cada ano.

Tabela 21 - Fatura da residência com Grid Zero e Marco Legal

<b>Residência- Fatura Grid Zero + Marco Legal</b>					
<b>Itens da Fatura</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço unit (R\$) com tributos</b>	<b>% do Fio B TUSD) cobrado - Ano de 2023</b>	<b>Total</b>
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	235,32	0,44098		R\$ 103,77
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	235,32	0,61738		R\$ 145,28
Adicional de Bandeira	kWh				R\$ 0,00
Parcela cobrada pelo FIO B * (Referente à Energia TUSD <b>consumida</b> )	kWh	235,32	0,28315	45,00%	R\$ 29,98
Iluminação Pública					R\$ 27,50
Juros Moratórios					
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 306,54</b>

Fonte: Autoria própria

#### 5.1.5.1 Payback

Ao analisar o payback da fatura Grid Zero com o Marco Legal, é possível concluir que o retorno do investimento seria inviável, o valor da conta de energia ficou aumentou ao comparar com o valor da conta sem sistema solar. O payback ficou negativo.

Tabela 22 - Tempo de retorno do investimento

<b>Valor do Investimento (R\$)</b>	<b>R\$ 10.699,00</b>
<b>Payback (anos)</b>	<b>inviável</b>

Fonte: Autoria própria

Analisando o payback em 10 anos, é visto que a partir do terceiro ano o cliente começa a ter prejuízo, em vez de ter o retorno do investimento.

Tabela 23 - Economia em 10 anos

<b>Tempo (Anos)</b>	<b>% Marco Legal</b>	<b>Valor pago / ano (R\$)</b>	<b>Economia (R\$)</b>
1	15%	R\$ 3.438,57	R\$ 217,08
2	30%	R\$ 3.558,51	R\$ 97,14
3	45%	R\$ 3.678,44	-R\$ 22,79
4	60%	R\$ 3.798,38	-R\$ 142,73
5	75%	R\$ 3.918,31	-R\$ 262,66
6	90%	R\$ 4.038,24	-R\$ 382,59
7	90%	R\$ 4.038,24	-R\$ 382,59
8	90%	R\$ 4.038,24	-R\$ 382,59
9	90%	R\$ 4.038,24	-R\$ 382,59
10	90%	R\$ 4.038,24	-R\$ 382,59

Fonte: Autoria própria

Analisando o valor investido, é possível comprovar que o cliente terá um prejuízo que ao longo de 10 anos chegará a R\$ 10.725,92.

Tabela 24 - Payback em 10 anos

Tempo (Anos)	Economia	Valor Investido
1	R\$ 217,08	-R\$ 8.481,92
2	R\$ 314,22	-R\$ 8.384,78
3	R\$ 291,43	-R\$ 8.407,57
4	R\$ 148,70	-R\$ 8.550,30
5	-R\$ 113,95	-R\$ 8.812,95
6	-R\$ 496,55	-R\$ 9.195,55
7	-R\$ 879,14	-R\$ 9.578,14
8	-R\$ 1.261,73	-R\$ 9.960,73
9	-R\$ 1.644,33	-R\$ 10.343,33
10	-R\$ 2.026,92	-R\$ 10.725,92

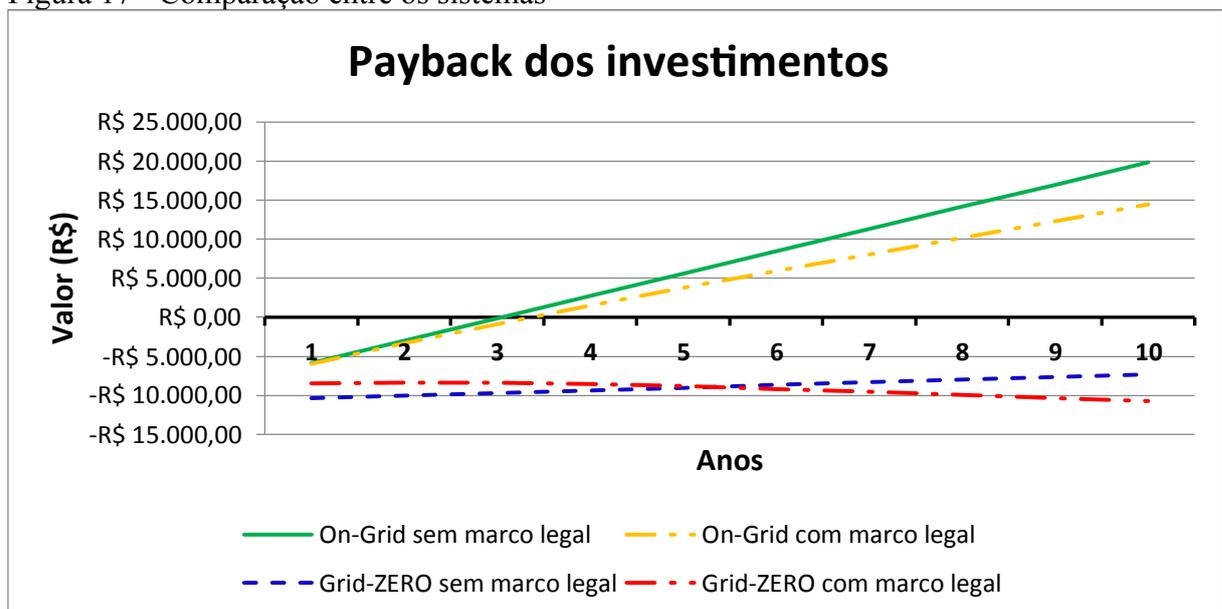
Fonte: Autoria própria

### 5.1.6 Comparação entre os investimentos

É necessário fazer a comparação entre todos os sistemas antes do Marco Legal (Lei 14.300) ser aprovado e após o mesmo entrar em vigor. Essa comparação mostra a viabilidade de utilizar o sistema Grid Zero no lugar do On-Grid convencional.

A primeira análise é de uma residência, onde o seu maior consumo é durante a noite, onde não há geração de energia. O gráfico da Figura 17 mostra o payback de todos os sistemas.

Figura 17 - Comparação entre os sistemas



Fonte: Autoria própria

Analisando o gráfico da Figura 17, percebe-se que o sistema On-Grid possui um payback semelhante antes e após o Marco Legal entrar em vigor.

Já o sistema Grid Zero não se mostrou uma opção de investimento. No gráfico percebe-se que o Grid Zero sem o Marco Legal tem um payback muito grande (mais de 10 anos), enquanto que o mesmo sistema com o Marco Legal está com um payback negativo, ou seja, ele está gastando mais do que economizando.

## 5.2 Comércio Varejista

### 5.2.1 Fatura sem energia solar

Analisando a Tabela 25, percebe-se que o cliente paga uma média de R\$605,85 mensais durante o ano.

Tabela 25 - Fatura do comércio sem energia solar

<b>Comércio Varejista - Fatura SEM Energia Solar</b>				
<b>Itens da Fatura</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço unit (R\$) com tributos</b>	<b>Total</b>
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	613,16	0,39304	R\$ 241,00
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	613,16	0,55019	R\$ 337,35
Adicional de Bandeira	kWh			R\$ 0,00
Iluminação Pública				R\$ 27,50
Juros Moratórios				
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 605,85</b>

Fonte: Autoria própria

### 5.2.2 Fatura com Sistema On-Grid

Utilizando energia solar com o sistema On-Grid, é possível abater o valor da conta de energia. A Tabela 26 mostra o valor que o cliente irá pagar após implementar um sistema On-Grid antes do Marco Legal (lei 14.300).

Tabela 26 - Fatura do comércio com sistema On-Grid

<b>Comércio Varejista - Fatura COM Energia Solar (On-Grid)</b>				
<b>Itens da Fatura</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço unit (R\$) com tributos</b>	<b>Total</b>
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	108,78	0,39304	R\$ 42,75
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	108,78	0,55019	R\$ 59,85
Adicional de Bandeira	kWh			R\$ 0,00
Energia Ativa Injetada <b>TE</b>	kWh	108,78	-0,39304	-R\$ 42,75
Energia Ativa Injetada <b>TUSD</b>	kWh	108,78	-0,45121	-R\$ 49,08
Adicional de Bandeira Comp.	kWh			R\$ 0,00
Adicional de Bandeira Custo de Disponibilidade	kWh	0,00		R\$ 0,00
Custo de Disponibilidade <b>TE</b>	kWh	0,00	0,39304	R\$ 0,00
Custo de Disponibilidade <b>TUSD</b>	kWh	0,00	0,55019	R\$ 0,00
Iluminação Pública				R\$ 27,50
Juros Moratórios				
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 38,27</b>

Fonte: Autoria própria

Analisando a Tabela 26 é possível concluir que a energia ativa fornecida TE irá se cancelar com a energia ativa injetada TE e a energia ativa fornecida TUSD não irá se cancelar com a energia ativa injetada TUSD, isto é, devido ao ICMS cobrado sobre a energia ativa injetada TUSD.

Então o total da conta de energia utilizando o sistema On-Grid será a somatória de todos os itens da fatura.

### 5.2.2.1 Payback

Analisando a Tabela 27, é possível analisar o retorno do investimento em até 10 anos. É possível observar que o investimento se paga no terceiro ano. Em 10 anos, é visto que se tem um retorno de investimento de aproximadamente R\$ 48.351,01.

Tabela 27 - Payback em 10 anos

<b>Tempo (Anos)</b>	<b>Economia</b>	<b>Valor Investido</b>
1	R\$ 6.811,00	-R\$ 12.948,00
2	R\$ 13.622,00	-R\$ 6.137,00
3	R\$ 20.433,00	R\$ 674,00
4	R\$ 27.244,01	R\$ 7.485,01
5	R\$ 34.055,01	R\$ 14.296,01
6	R\$ 40.866,01	R\$ 21.107,01
7	R\$ 47.677,01	R\$ 27.918,01
8	R\$ 54.488,01	R\$ 34.729,01
9	R\$ 61.299,01	R\$ 41.540,01
10	R\$ 68.110,01	R\$ 48.351,01

Fonte: Autoria própria

### 5.2.3 Fatura com energia solar com o Marco Legal (Lei 14.300)

Após o Marco Legal entrar em vigor, o consumo mínimo (custo de disponibilidade) de energia será substituído pela tarifa da TUSD Fio B consumida. Na Tabela 28, é mostrada o modelo de fatura da energia solar com o Marco Legal.

Tabela 28 - Fatura de energia com sistema On-Grid e Marco Legal

Itens da Fatura	Unidade	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	% do Fio B TUSD) cobrado - Ano de 2023	Total
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	108,78	0,39304		R\$ 42,75
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	108,78	0,55019		R\$ 59,85
Adicional de Bandeira	kWh				R\$ 0,00
Energia Ativa Injetada <b>TE</b>	kWh	108,78	-0,44098		-R\$ 47,97
Energia Ativa Injetada <b>TUSD</b>	kWh	108,78	-0,45121		-R\$ 49,08
Adicional de Bandeira Comp.	kWh				R\$ 0,00
Parcela cobrada pelo FIO B * (Referente à Energia TUSD consumida )	kWh	108,78	0,28315	15,00%	R\$ 4,62
Iluminação Pública					R\$ 27,50
Juros Moratórios					
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 37,67</b>

Fonte: Autoria própria

Com esse novo formato, para o estado do Ceará, a TUSD Fio B é de aproximadamente 28,3% do kWh consumido. De acordo com o novo Marco Legal, para o ano de 2023 será cobrado uma taxa de 15% dos 28,3% do kWh consumido. A cada ano será acrescido mais 15% até somar um total de 90%.

#### 5.2.3.1 Payback

Na Tabela 29, é possível analisar o investimento em 10 anos. É visto que para o primeiro ano, a taxa do novo Marco Legal é de 15%. Ainda analisando a Tabela 29, é notório que ao decorrer dos anos o valor pago aumenta, desta forma o payback tem um retorno mais lento. Instalando no ano de 2023, a taxação aumenta 15% todos os anos até o sexto ano, 2028 que chega a 90%.

Tabela 29 - Economia em 10 anos

Tempo (Anos)	% Marco Legal	Valor pago / ano (R\$)	Economia (R\$)
1	15%	R\$ 452,07	R\$ 6.818,14
2	30%	R\$ 507,51	R\$ 6.762,70
3	45%	R\$ 562,95	R\$ 6.707,26
4	60%	R\$ 618,39	R\$ 6.651,82
5	75%	R\$ 673,83	R\$ 6.596,38
6	90%	R\$ 729,27	R\$ 6.540,94
7	90%	R\$ 729,27	R\$ 6.540,94
8	90%	R\$ 729,27	R\$ 6.540,94
9	90%	R\$ 729,27	R\$ 6.540,94
10	90%	R\$ 729,27	R\$ 6.540,94

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 30, é visto que no primeiro ano é o período de maior economia em termos de porcentagem. No segundo ano, o valor investido já tem um retorno de R\$ 529,09.

Tabela 30 - Investimento em 10 anos

Tempo (Anos)	Economia	Valor Investido
1	R\$ 6.818,14	-R\$ 12.940,86
2	R\$ 13.580,84	-R\$ 6.178,16
3	R\$ 20.288,09	R\$ 529,09
4	R\$ 26.939,91	R\$ 7.180,91
5	R\$ 33.536,29	R\$ 13.777,29
6	R\$ 40.077,22	R\$ 20.318,22
7	R\$ 46.618,16	R\$ 26.859,16
8	R\$ 53.159,09	R\$ 33.400,09
9	R\$ 59.700,03	R\$ 39.941,03
10	R\$ 66.240,96	R\$ 46.481,96

Fonte: Autoria própria

O payback para o sistema On-Grid após o Marco Legal, será em aproximadamente 2,92 anos.

#### 5.2.4 Fatura com Grid Zero

Utilizando o sistema com o Grid Zero espera-se que se tenha uma economia maior comparando com o sistema On-Grid, visto que a maior parte do consumo do comércio varejista é durante o período diurno. A Tabela 31 mostra o valor da fatura após a implementação do sistema Grid Zero.

Tabela 31 - Fatura de energia com sistema Grid Zero

<b>Comércio Varejista - Fatura Grid Zero</b>				
<b>Itens da Fatura</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quant</b>	<b>Preço unit (R\$) com tributos</b>	<b>Total</b>
Energia Ativa Fornecida <b>TE</b>	kWh	108,78	0,39304	R\$ 42,75
Energia Ativa Fornecida <b>TUSD</b>	kWh	108,78	0,55019	R\$ 59,85
Adicional de Bandeira	kWh			R\$ 0,00
Adicional de Bandeira Custo de Disponibilidade	kWh	0,00		R\$ 0,00
Custo de Disponibilidade <b>TE</b>	kWh	0,00	0,39304	R\$ 0,00
Custo de Disponibilidade <b>TUSD</b>	kWh	0,00	0,55019	R\$ 0,00
Iluminação Pública				R\$ 27,50
Juros Moratórios				
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 130,10</b>

Fonte: Autoria própria

#### 5.2.4.1 Payback

Percebe-se que mesmo com o Grid Zero, o valor da fatura é maior que o sistema On-Grid com o Marco Legal e sem o Marco Legal. A Tabela 32 mostra a economia do cliente no decorrer de dez anos.

Tabela 32 - Payback em 10 anos

<b>Tempo (Anos)</b>	<b>Economia</b>	<b>Valor Investido</b>
1	R\$ 5.708,97	-14050,03
2	R\$ 11.417,94	-8341,06
3	R\$ 17.126,91	-2632,09
4	R\$ 22.835,87	3076,87
5	R\$ 28.544,84	8785,84
6	R\$ 34.253,81	14494,81
7	R\$ 39.962,78	20203,78
8	R\$ 45.671,75	25912,75
9	R\$ 51.380,72	31621,72
10	R\$ 57.089,68	37330,68

Fonte: Autoria própria

O payback para o sistema On-Grid após o Marco Legal, será em aproximadamente 3,64 anos.

#### 5.2.5 Fatura Grid Zero com o Marco Legal

A Tabela 33 é a demonstração da fatura Grid Zero mais o Marco Legal.

Tabela 33 - Fatura de energia com Grid Zero e Marco Legal

Comércio Varejista - Fatura Grid Zero + Marco Legal					
Itens da Fatura	Unidade	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	% do Fio B TUSD cobrado - Ano de 2023	Total
Energia Ativa Fornecida TE	kWh	108,78	0,39304		R\$ 42,75
Energia Ativa Fornecida TUSD	kWh	108,78	0,55019		R\$ 59,85
Adicional de Bandeira	kWh				R\$ 0,00
Parcela cobrada pelo FIO B * (Referente à Energia TUSD consumida )	kWh	108,78	0,28315	45,00%	R\$ 13,86
Iluminação Pública					R\$ 27,50
Juros Moratórios					
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 143,96</b>

Fonte: Aatoria própria

Com a Tabela 33, percebe-se que a fatura do cliente aumentou comparando com os sistemas.

#### 5.2.5.1 Payback

O cálculo da economia para um sistema Grid Zero após o Marco Legal, é mostrado na Tabela 34.

Tabela 34 - Economia em 10 anos

Tempo (Anos)	% Marco Legal	Valor pago / ano (R\$)	Economia (R\$)
1	15%	R\$ 1.616,68	R\$ 5.653,53
2	30%	R\$ 1.672,12	R\$ 5.598,09
3	45%	R\$ 1.727,56	R\$ 5.542,65
4	60%	R\$ 1.783,00	R\$ 5.487,21
5	75%	R\$ 1.838,45	R\$ 5.431,76
6	90%	R\$ 1.893,89	R\$ 5.376,32
7	90%	R\$ 1.893,89	R\$ 5.376,32
8	90%	R\$ 1.893,89	R\$ 5.376,32
9	90%	R\$ 1.893,89	R\$ 5.376,32
10	90%	R\$ 1.893,89	R\$ 5.376,32

Fonte: Aatoria própria

De acordo com o valor economizado durante os anos, é possível fazer o cálculo do payback. A Tabela 35 mostra o valor do investimento durante um período de 10 anos.

Tabela 35 - Payback em 10 anos

Tempo (Anos)	Economia	Valor Investido
1	R\$ 5.653,53	-R\$ 14.105,47
2	R\$ 11.251,61	-R\$ 8.507,39
3	R\$ 16.794,26	-R\$ 2.964,74
4	R\$ 22.281,47	R\$ 2.522,47
5	R\$ 27.713,23	R\$ 7.954,23
6	R\$ 33.089,56	R\$ 13.330,56
7	R\$ 38.465,88	R\$ 18.706,88
8	R\$ 43.842,20	R\$ 24.083,20
9	R\$ 49.218,53	R\$ 29.459,53
10	R\$ 54.594,85	R\$ 34.835,85

Fonte: Autoria própria

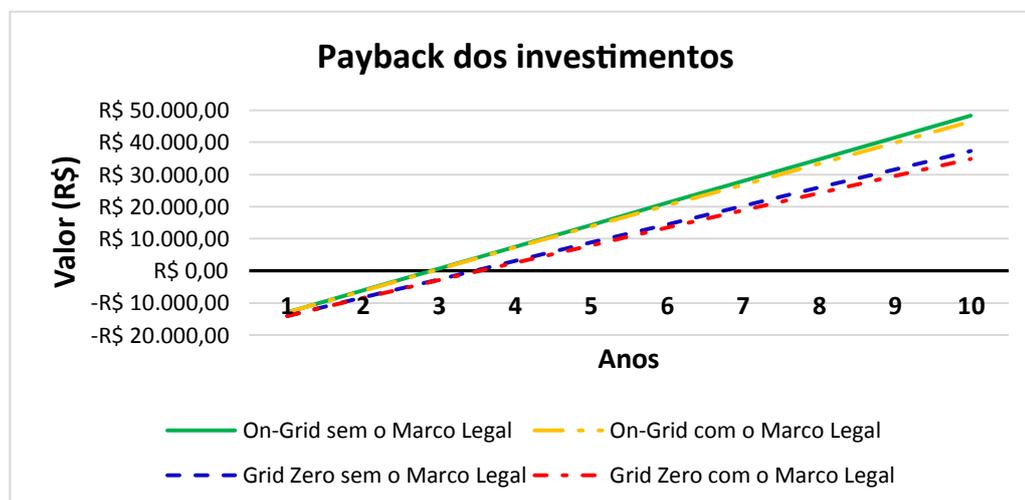
O payback para o sistema On-Grid após o Marco Legal, será em aproximadamente 3,73 anos.

### 5.2.6 Comparação entre os investimentos

É necessário fazer a comparação entre todos os sistemas antes do Marco Legal (Lei 14.300) ser aprovado e após o mesmo entrar em vigor. Essa comparação mostra a viabilidade de utilizar o sistema Grid Zero no lugar do On-Grid convencional.

No comércio varejista, o seu maior consumo é durante o período do dia, ou seja, a maior parte do consumo é compensada com a geração (simultaneidade). Um dos objetivos desse estudo era verificar a viabilidade de utilizar o sistema Grid Zero no lugar do On-Grid após o novo Marco Legal entrar em vigor. O gráfico da Figura 18 mostra o payback de todos os sistemas.

Figura 18 - Comparação entre os sistemas On-Grid e Grid Zero



Fonte: Autoria própria

Ao analisar o gráfico, percebe-se que mesmo com um consumo maior durante o dia, após o Marco Legal, o sistema On-Grid ainda se mostrará vantajoso.

### **5.3 Trabalhos futuros**

O Grid Zero pode se tornar uma opção para grandes cargas (indústrias, por exemplo) que tem um consumo considerável durante o período diurno, por que tudo o que é gerado precisa ser consumido no momento.

Pode-se fazer uma análise onde o cliente utilize o sistema Grid Zero como complemento do sistema On-Grid para que não seja necessário realizar um aumento de carga, trocando cabos, proteções e até fazendo de obra na rede.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho fez um estudo sobre a viabilidade econômica do sistema Grid Zero comparado com o sistema On-Grid após o Marco Legal entrar em vigor.

Foi utilizado uma residência, com um consumo maior no período da noite, e um comércio varejista com consumo predominante durante o dia.

No primeiro caso, o payback da residência se mostrou mais favorável utilizando o sistema On-Grid, com apenas 3,49 anos o cliente consegue receber o retorno de seu investimento. Já para o sistema Grid Zero, o investimento se mostrou inviável, pois com a taxaço do Fio B a conta de energia do cliente acabaria ficando maior se comparado quando o mesmo não utilizava energia solar.

Já no segundo caso, o payback do comércio varejista é mais rápido, isso por causa do consumo simultâneo, que acontece quando a maior parte do consumo do cliente é no período diurno. O payback do cliente utilizando o sistema On-Grid foi de 2,92 anos enquanto que no sistema Grid Zero é de aproximadamente 3,73 anos.

Assim, conclui-se que com esse estudo que continua mais viável utilizar o sistema On-Grid do que o sistema Grid Zero para pequenas cargas (residências e comércio de pequeno porte), mesmo após a aprovação do Marco Legal.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Energias Renováveis**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-may-2022/renewable-electricity>. Acesso em: 19 out. 2022.

ALDO SOLAR. **Distribuidor de Energia Solar** . Disponível em: [https://www.aldo.com.br/?gclid=Cj0KCQiAkMGcBhCSARIsAIW6d0Azsbv-0oV0yryCv-HmHpmcRV2-QC22jBnOOe05eGNjgF29hHIPz28aAmoeEALw\\_wcB](https://www.aldo.com.br/?gclid=Cj0KCQiAkMGcBhCSARIsAIW6d0Azsbv-0oV0yryCv-HmHpmcRV2-QC22jBnOOe05eGNjgF29hHIPz28aAmoeEALw_wcB). Acesso em: 4 out. 2022.

ANEEL. STG. **Calendário e Resultado dos Processos Tarifários de Distribuição**: Concessionárias e Permissionária de distribuição. [S. l.]: SGT, 2 jun. 2016. Última modificação: 01/11/2017. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/resultado-dos-processos-tarifarios-de-distribuicao>. Acesso em: 20 dez. 2022.

BULBEENERGIA. **CRESCIMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO MUNDO**. Disponível em: <https://bulbeenergia.com.br/crescimento-energia-renovavel-brasil-blog/>. Acesso em: 23 ago. 2022.

CANAL SOLAR. **TARIFAÇÃO FIO B**. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/tarifacao-do-fio-b-previsto-na-lei-14-300/>. Acesso em: 19 out. 2022.

CANAL SOLAR. **Sistema Solar On-Grid** . Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-solar-conectado-a-rede-on-grid>. Acesso em: 1 nov. 2022.

CEMIRIM. **PAÍS QUE MAIS CONSOME ENERGIA**. Disponível em: <https://cemirim.com.br/brasil-e-o-10o-pais-que-mais-consome-energia/>. Acesso em: 21 ago. 2022.

CENTRO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS DA FIO CRUZ . **Energias Renováveis bateram recorde em 2021** . Disponível em: <https://cee.fiocruz.br/?q=energias-renovaveis-bateram-records-de-crescimento-em-2021#:~:text=Globalmente%2C%20houve%20um%20decl%C3%ADnio%20de,2021%20em%20compara%C3%A7%C3%A3o%20com%202020..> Acesso em: 4 out. 2022.

ECO AQUECEDORES. **Energia Solar Fotovoltaica Off Grid** . Disponível em: <https://www.ecoaquecedores.com.br/energia-solar-fotovoltaica-off-grid/>. Acesso em: 18 out. 2022.

ENERGIA SOLAR SHOP . **Sistema Grid Zero**. Disponível em: [https://www.energiasolarshop.com.br/post/sistema-Grid Zero-permite-controle-de-excedentes-na-rede](https://www.energiasolarshop.com.br/post/sistema-Grid-Zero-permite-controle-de-excedentes-na-rede). Acesso em: 1 nov. 2022.

GLOBAL SOLAR ATLAS. **SOLAR ATLAS**. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.609193,8.173828,3>. Acesso em: 1 set. 2022.

IEA. **AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA**. Disponível em: <https://www.iea.org/>. Acesso em: 7 ago. 2022.

JUSBRASIL. **PIS E COFINS**. Disponível em: <https://cfc.jusbrasil.com.br/noticias/1728049/pis-e-cofins-na-tarifa-de-energia-eletrica>. Acesso em: 24 ago. 2022.

OCAENERGIA. **Off Grid**. Disponível em: <https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/>. Acesso em: 25 out. 2022.

PORTAL SOLAR. **PAISES QUE MAIS CONSOMEM ENERGIA NO MUNDO**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/conheca-os-paises-que-mais-consomem-energia-no-mundo>. Acesso em: 8 ago. 2022.

SOUZA, João Paulo de. **Grid-Zero - Como funciona - suas aplicações e homologação na distribuidora de energia elétrica**. [S. l.], 13 ago. 2022. Disponível em: <https://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/grid-zero---como-funciona---suas-aplicacoes-e-homologacao-na-distribuidora-de-energia-eletrica>. Acesso em: 20 dez. 2022.