

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DOM BOSCO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MURILO SILVA MOURA JÚNIOR

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: estudo de viabilidade técnica e econômica de um Sistema de Painéis Fotovoltaicos em São Luís do Maranhão.

São Luís
2021

MURILO SILVA MOURA JÚNIOR

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: estudo de viabilidade técnica e econômica de um Sistema de Painéis Fotovoltaicos em São Luís do Maranhão.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário UNDB como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Rogério José Belfort Freire

São Luís
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Centro Universitário – UNDB / Biblioteca

Moura Júnior, Murilo Silva

Energia solar fotovoltaica: estudo de viabilidade técnica e econômica de um sistema de painéis fotovoltaicos em São Luís do Maranhão. / Murilo Silva Moura Júnior. __ São Luís, 2021.

91 f.

Orientador: Profa. Rogério José Belfort Freire

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) -
Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Unidade de
Ensino Superior Dom Bosco – UNDB, 2021.

MURILO SILVA MOURA JÚNIOR

“ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: estudo de viabilidade técnica e econômica de um Sistema de Painéis Fotovoltaicos em São Luís do Maranhão.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário UNDB como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 16/06/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Rogério José Belfort Freire (Orientador)

Centro Universitário UNDB

Prof. Álvaro Meton Sousa Perdigão

Centro Universitário UNDB

Prof. Thiago Ferreira Silva

Centro Universitário UNDB

AGRADECIMENTOS

Estar cercado de pessoas que acreditam e incentivam seu propósito é uma coisa que nos move sempre adiante, todos que estão aqui abaixo descritos tem um carinho e uma admiração muito grande minha e sempre me orientaram de todas as formas possíveis tanto na minha vida pessoal quanto para a realização do trabalho.

Primeiramente tenho que agradecer a Deus que, em sua infinita bondade, sempre esteve perto de mim segurando a minha mão e permitindo que as coisas fluíssem da maneira que Ele achava melhor. Após tantos momentos bons e ruins tenho cada dia mais certeza que Sua graça e bondade é derramada na medida certa para que não se desista e, ao mesmo tempo, não se vanglorie muito pelas conquistas. A Ele toda gloria.

Aos meus pais Ana Claudia e Murilo que sempre foram pontos de apoio e a base de tudo. Pessoas maravilhosas que ao longo de toda minha vida sempre estiveram presentes me apoiando, me dando sermões e sobretudo me ensinando, desde os primeiros passos até maneiras de ser uma pessoa melhor. Amo vocês.

A minha irmã Thais. Sou muito grato pela sua vida e por viver bons momentos juntos ao longo desses anos, muito obrigado pelos risos, ajudas, sermões sempre edificantes e por estar comigo me apoiando em qualquer momento, independente da situação.

Aos meus avós Ana Maria, José Claudio, Florêncio Moura, Nilda Moura (*in memoriam*), sem vocês eu não estaria aqui. Muito obrigado por terem passado todas as dificuldades com muita resiliência para que hoje eu possa agradecer a vocês por tudo.

Aos meus nobres poucos amigos de vida, André Pacheco, Anne Caroline, Antônio Rodrigues, Davi Cardoso, Gabriel Sousa, Ivar Junior, Leonardo Oliveira, Leonardo Fontes, Ricardo Oliveira e Tarcísio Alencar, os quais foram primordiais para que se chegasse até aqui. Muito obrigado pelas palavras de incentivo, pelas discussões, pelos momentos de descontração e principalmente por nunca desistirem de mim.

A meu amigo Allan Moura. Grande amizade que fiz ao longo da vida, muito obrigado pelos conselhos e recomendações sempre muito sábios, justos e corretos. Muito obrigado também por abrir as portas de sua empresa MR Solar me dando toda a assessoria para que este fosse possível a realização deste trabalho.

À Juliana Cascaes. Muito obrigado por estar presente em uma das horas mais difíceis e sem perspectivas da minha vida, no meio de trevas você foi luz, amiga, companheira e guia para que tudo pudesse ser superado a maneira que Deus quis. Muito obrigado por cada conversa e cada palavra amiga que você me deu tudo em prol do meu bem. Sou muito grato por ter você em minha vida.

Aos nobres amigos professores. Muito obrigado pelo empenho e dedicação que tiveram durante todo o curso, sempre repassando o conhecimento da forma mais clara, real e objetiva. Nada disso seria possível sem vocês.

“O trabalho vai ocupar boa parte da sua vida,
a única maneira de ficar satisfeito é fazer
o que você acredita ser um bom trabalho”

Steve Jobs

RESUMO

A presente pesquisa tem como tema o estudo de viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia solar através de painéis fotovoltaicos em uma residência localizadas na cidade de São Luís do Maranhão. Objetiva-se identificar a viabilidade sob a ótica econômica, técnica e sustentável bem como analisar quaisquer consequências e desdobramentos da implementação de energia elétrica. Para alcance deste objetivo, utiliza-se a metodologia de estudo de caso, de forma que será ilustrada por meio de residência específica a fim de que haja parâmetros para eventuais comparações entre os diferentes meios de produção de energia elétrica. Conclui-se que a instalação de sistemas de geração de energia solar é totalmente legítima e viável vez que é sustentável, altamente produtiva e gera um excelente custo-benefício a longo prazo para quem a implementa.

Palavras-chave: Energia elétrica. Painel solar. Sistema Fotovoltáico.

ABSTRACT

This research has as its theme the feasibility study of installing a solar energy generation system through photovoltaic panels in a residence located in the city of São Luís do Maranhão. The objective is to identify the feasibility from an economic, technical and sustainable perspective, as well as to analyze any consequences of the implementation of electric energy. To achieve this objective, the case study methodology is used, so that it will be illustrated by means of a specific residence so that there are parameters for possible comparisons between the different means of production of electricity. It concluded that the installation of solar energy generation systems is completely legitimate and viable since it is sustainable, highly productive and generates an excellent cost-benefit in the long term for those who implement it.

Keywords: Electricity. Solar panel. Photovoltaic System

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica em 2016.	24
Tabela 2 - Custo de investimento em sistemas fotovoltaicos – referência no Brasil (R\$/Wp)	51
Tabela 3 - Eletrodomésticos.....	54
Tabela 4 – Consumos e valor em real das contas de energia relativas do período de 03/19 a 02/20	55
Tabela 5 – Irradiação solar diária média mensal [kWh/m2.dia] a 45 km das coordenadas indicadas	56
Tabela 6 – Valores das contas de energia de abril de 2020 a fevereiro de 2021	62
Tabela 7 – Panorama geral de março de 2020 até fevereiro de 2021	63
Tabela 8 – Reajustes anuais na tarifa energética.....	64
Tabela 9 – Valores estimados de tarifas em 10 anos.....	65
Tabela 10 – Valores estimados de Consumo e Produção nos próximos 10 anos	66
Tabela 11 – Valores estimados das Contas de Energia com e sem sistema e a diferença de valores entre elas	66
Tabela 12 – Valores estimados das diferenças no custo com e sem sistema fotovoltaico.....	67
Tabela 13 – Valores mês a mês com correção monetária.....	69

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Oferta mundial de energia por fonte	20
Figura 2 – Previsão de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis nos principais países e regiões do Mundo em 2050	20
Figura 3 - Investimento Mundial em Energias Renováveis.....	22
Figura 4 - Investimento: Estados Unidos, Brasil, Índia e China.	23
Figura 5 - Trajetória do Sol de acordo com as estações do ano.....	28
Figura 6 - Mapa brasileiro de irradiação solar no plano inclinado média anual ...	29
Figura 7 - Seção transversal de uma célula fotovoltaica	31
Figura 8 – Efeito fotovoltaico na junção “pn”	32
Figura 9 – Exemplo de Inversor	33
Figura 10 – Funcionamento do Sistema On-Grid	34
Figura 11 – Gráfico Consumo X Geração de energia.....	35
Figura 12 – Funcionamento do Sistema Off-Grid	36
Figura 13 - Evolução da composição da oferta interna de energia por fonte	38
Figura 14 - Interligação em série de células cristalinas solares	39
Figura 15 - Evolução do preço médio do módulo fotovoltaico na Europa	40
.....	40
Figura 16 – Preço unitário dos inversores	42
Figura 17 - Evolução recente do preço de sistemas fotovoltaicos	43
Figura 18 - Matriz Energética do Brasil em 2017.....	45
Figura 19 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil	46
Figura 20 – Preço unitário de sistemas completos (exceto montagem).....	50

Figura 21 – Vista aérea da residência em estudo	52
Figura 22 – Vista frontal da residência	53
Figura 23 – Vista frontal da residência	57
Figura 24 - Vista das placas fotovoltaicas no telhado da casa	58
Figura 25 – Gráfico de performance de painel do período de março de 2020 a fevereiro de 2021	59
Figura 26 – Consumo mensal após instalação do painel fotovoltaico.....	61
Figura 27 – Curva de economia do sistema ao longo de 10 anos	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Problema	15
1.2 Hipóteses	16
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Geral	16
1.3.2 Específicos.....	16
1.4 Justificativa	17
1.5 Síntese Metodológica.....	17
2 CENÁRIO ENERGÉTICO MUNDIAL	19
2.1 Principais fontes de energia mundiais	19
2.1.1 Investimento em fontes renováveis	21
2.2 Cenário energético brasileiro.....	23
3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	26
3.1 Radiação solar	27
3.2 Células fotovoltaicas	29
3.3 Inversores	32
3.4 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	33
3.4.1 Sistema On Grid.....	33
3.4.2 Sistema Off Grid.....	35
3.5 Políticas Públicas e Acordos Internacionais	37
4 PANORAMA MUNDIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	39
4.1 Módulo Fotovoltaico e custo.....	39
4.2 Inversores e Custo	41
4.3 Sistema Completo	43
5 PANORAMA DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL	44
5.1 Legislação Brasileira	47
5.1.1 Normas técnicas	48
5.2 Programa de incentivo e possíveis falhas	49

5.3 Estimativa de custo de investimento no Brasil.....	50
6 METODOLOGIA.....	52
6.1 Identificação do Caso.....	52
6.2 Coleta de Dados	54
6.2.1 Consumo.....	54
6.2.2 Sistema Fotovoltaico Ideal	56
6.2.3 Orçamento	57
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

O ser humano está sempre querendo evoluir, sair da zona de conforto e isso, ao longo de sua jornada, o moveu continuamente em busca de novas descobertas. Dessa forma a energia elétrica surgiu como uma revolução na maneira que o homem vivia, se comportava e interagiu com os outros. Se antes os antigos lampiões garantiam uma iluminação pífia, e os grandes motores em indústrias funcionavam a base de queima de combustíveis fósseis, o sistema elétrico veio como uma quebra de paradigmas, trazendo uma nova realidade. Logo, assim que a primeira lâmpada foi inventada em 1879, composta apenas por um filamento de algodão carbonizado, Thomas Edison não tinha dimensão do quanto sua invenção transformaria o mundo. (PINELLI, 2016)

Observa-se então que a energia elétrica apareceu como um grande divisor de águas entre os tempos dando início a uma nova era, a era da luz. Nesse sentido, as pessoas dos séculos XX e XXI já moldaram sua forma de viver pautadas na energia elétrica, construindo equipamentos elétricos, utensílios médicos movidos a eletricidade, veículos elétricos, robôs e diversos outros itens hoje considerados essenciais para a adaptação do homem nos dias atuais.

1.1 Problema

Como se enfatiza acima, chega a ser imensurável a necessidade do homem por energia. Entretanto, mais de 150 anos após o acender da primeira lâmpada e sabendo-se a relevância dos sistemas elétricos para a sociedade, se reconhece que o processo de geração de energia é algo que ainda, em sua larga escala, acarreta em grandes impactos ambientais e tende a ter altos custos, sendo essencial que se busquem novos métodos de produção de energia que reduzam esses aspectos mas cumpram com a capacidade produtiva necessária para os dias de hoje. (PINELLI, 2016)

Nesse sentido encontram-se outras formas de geração de energia, como por exemplo a solar e a eólica, que têm a pretensão de serem meios altamente efetivos de atenuar esses impactos ambientais. Enfatiza-se em específico o sistema de energia solar, em razão de sua produção ser orgânica e sustentável e de praticamente não haver dificuldades substanciais na sua implementação. Porém, se

reconhece que o meio de geração de energia solar tem valor elevado, demandando investimento razoavelmente alto para que seja instalado em determinada residência ou empresa.

Tendo em vista essa problemática e reconhecendo que o ser humano necessita de energia elétrica em praticamente qualquer atividade que exerce hoje em dia, pode-se levantar o seguinte questionamento: realizar a geração de energia através de painéis fotovoltaicos é uma maneira viável no aspecto geral (técnico, econômico e sustentável) para residências em São Luís?

1.2 Hipóteses

- a) Energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável podendo ser explorada em todos os lugares oferecendo um bom custo-benefício.
- b) A instalação e a manutenção, tanto preventiva como corretiva, do sistema ainda sim justificando, a longo prazo, o investimento realizado.
- c) A transformação de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos pode ser um método viável para implantação em larga escala na cidade de São Luís
- d) O estudo de viabilidade é sempre necessário para o correto dimensionamento da estrutura fotovoltaica que será empregada, garantindo assim a real compensação de energia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Realizar o estudo de viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia através de painéis fotovoltaicos em casa residências de São Luís, por meio de comparações e pesquisas a respeito de desempenho, geração de energia e critérios econômicos que possam embasar esse caso.

1.3.2 Específicos

- a) Identificar a média de consumo por meio do levantamento de gastos de energia durante os anos 2020 e 2021.

- b) Verificar junto às entidades reguladoras e concessionárias de energia, por meio de pesquisa documental, as normas que regem as instalações de sistemas de geração de energia fotovoltaico.
- c) Elaborar o pré-dimensionamento por meio de planilhas de quantidades e orçamento.
- d) Comparar dados de consumo, produção, manutenção e instalação para a análise do estudo de viabilidade técnico econômica.

1.4 Justificativa

A energia elétrica é indispensável para a vida do ser humano que ao longo dos anos desenvolveu maneiras de obtê-la através da transformação basicamente da energia mecânica. Assim surgiram as fontes energéticas mais conhecidas e utilizadas como as Hidrelétricas, Termelétricas e Nucleares.

Durante muito tempo os usos indiscriminados e incessáveis dessas fontes de energia juntamente com outras fontes de poluentes acarretaram em impactos ambientais que podem pôr em risco o futuro do planeta.

Nesse contexto se fez preciso rever os conceitos e buscar por maneiras mais sustentáveis de continuar o progresso. Segundo o Atlas Solar, o consumo de eletricidade nos últimos anos tem crescido bastante, saltando de 465TWh em 2010 para aproximadamente 650TWh em 2018, podendo chegar, até 2050, a 1605TWh. Essa grande demanda reforça a necessidade de levar em consideração o meio ambiente e isso ajudou à reconsideração disseminação do uso de energias renováveis, onde se encontra a energia solar. (ATLAS SOLAR, 2017)

1.5 Síntese Metodológica

O presente trabalho terá sua estrutura dividida em introdução, referencial teórico, metodologia, resultados e discussões, conclusão, referências bibliográficas, anexos e apêndice.

A introdução abordará, em sua maneira geral, uma breve justificativa do motivo pelo qual a pesquisa será feita, uma vez que abordará os avanços da evolução ao longo do tempo que permitiu hoje chegar ao nível tecnológico que a humanidade

está devido a sua busca incessante pelo desenvolvimento, de modo que se pretende exemplificar os avanços no campo energético e como eles impactam diretamente as pessoas.

O capítulo 2 já dá início ao referencial teórico da pesquisa, descrevendo nele o cenário energético mundial e brasileiro mostrando as formas mais comuns dos métodos de obtenção de energia praticados ao longo dos anos e de que maneira eles estão ligados ao desenvolvimento mundial elucidando também a busca de novas fontes de energia sobretudo as sustentáveis.

Seguindo a ordem do trabalho, o capítulo 3, que também faz parte do referencial teórico, se propõe a mostrar e explicar o funcionamento do sistema de geração de energia fotovoltaico explicando seus conceitos de maneira a deixar claro como o sistema trabalha dando exemplos e esclarecendo como ocorre a geração de energia propriamente dita assim como as políticas públicas de incentivo a instalação das mesmas.

Na ordem o capítulo 4, também referencial teórico, pretende abordar o panorama da energia fotovoltaica focando em como ele vem se desenvolvendo ao longo dos anos no sentido tecnológico o qual permite o barateamento dos custos envolvidos na fabricação, montagem e instalação do sistema.

O capítulo 5 traz todo esse contexto do 4 para o Brasil focando, além dos custos, na evolução da energia brasileira com o passar do tempo e como o país se prepara para abraçar novas tecnologias não somente no âmbito dos custos, mas também com políticas públicas de incentivo, criação de normas técnicas, legislação e regulamentações criadas, entre outros.

2 CENÁRIO ENERGÉTICO MUNDIAL

É de necessidade global que se tenha energia, isso é nítido. Entretanto, cada país deve analisar como realizar a sua produção utilizando seus possíveis recursos naturais a fim de que se barateie o custo de produção e de produzir quantidade de energia que atenda a sua população.

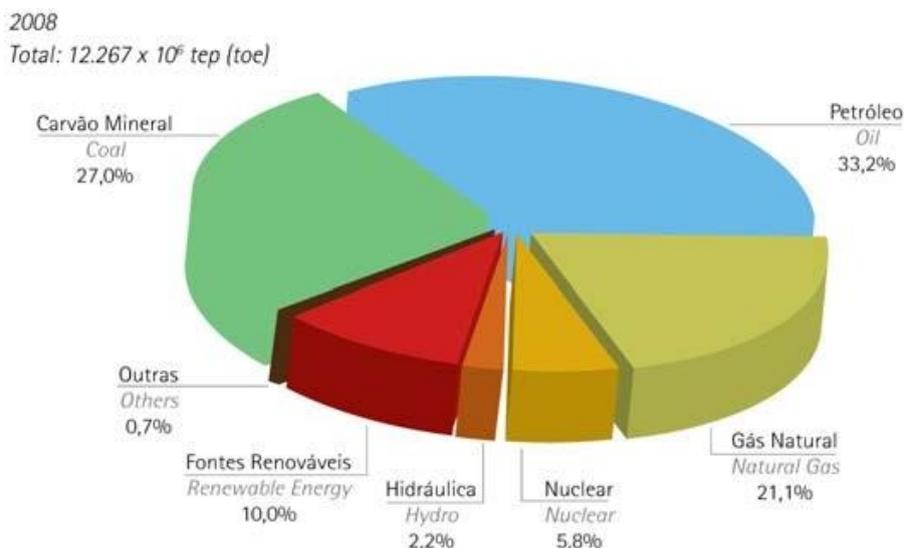
Sendo assim, é de suma importância que primeiro se faça um panorama geral de como os países utilizam seus recursos para a geração de energia, quais são os métodos mais comuns e quais são as projeções do futuro.

Logo, o alvo deste capítulo é discutir sobre as formas de geração de energia utilizadas ao redor do mundo, suas consequências e seus desdobramentos e suas origens, a fim de que se analise como anda o cenário energético mundial.

2.1 Principais fontes de energia mundiais

De forma global, segundo os dados publicados pelo balanço energético nacional de 2011 com base no ano de 2010, os combustíveis fósseis continuam sendo a principal fonte primária energética dos países a nível global. A Figura 1 mostra que a principal fonte a ser utilizada ainda continua sendo o petróleo com 33,2%, seguido pelo carvão mineral 27% e tendo apenas 10% de fontes renováveis. Vale ressaltar que os combustíveis fósseis são fontes consideradas não renováveis, logo o investimento em fontes renováveis é de essencial importância para a manutenção energética no mundo (TORRES, 2012).

Figura 1 – Oferta mundial de energia por fonte

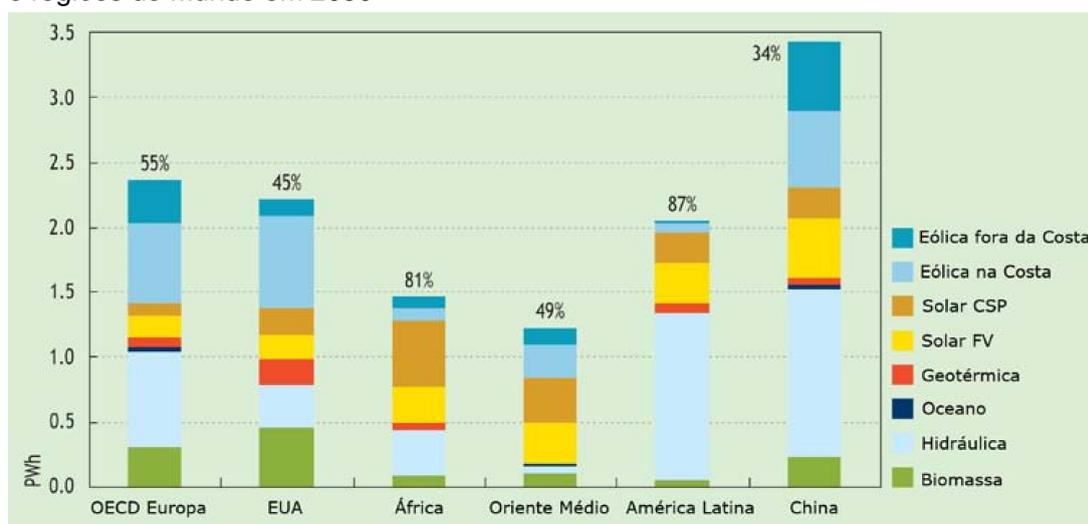


Fonte: MME, (2011)

Estes números como já ditos revelam a grande dependência do mundo em relação aos combustíveis fósseis, sendo assim o fator principal para o investimento em fontes renováveis juntamente com a política de preservação do meio ambiente devido à emissão de gases poluentes.

A busca por um novo sistema de geração de energia tem feito os demais países investir em diversos tipos de fontes renováveis como é ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Previsão de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis nos principais países e regiões do Mundo em 2050



Fonte: IEA, (2011)

Vê-se então que na China se tem uma projeção de divisão de meios de produção de energia elétrica, o que garante uma maior descentralização, enquanto na América Latina ainda provavelmente se concentrará a geração de energia em hidrelétricas.

Para Torres (2012), a eletricidade em 2050 representará cerca de 23% da demanda de energia mundial, com prioridade para energia como a energia solar fotovoltaica. Trata-se de uma indústria que vem se consolidando nos países desenvolvidos devido a união da tecnologia com a otimização de produção que esses países possuem. Este desenvolvimento se nota principalmente nas potências como Estados Unidos, Alemanha, Japão e obviamente a China, que vem ser uma das principais produtoras de painéis fotovoltaicos (PERONI, 2018).

Sabe-se que os Estados Unidos e Alemanha sempre foram potências econômicas e decidiram começar a transição para energias renováveis após políticas de expansão política nos países que determinavam a geração de um sistema alternativo de energia que minimizasse os impactos ambientais e custos a longo tempo. Já em relação ao Japão, a introdução dessa fonte renovável se deu na década de 1970 após a crise petrolífera, resolvendo investir em outros combustíveis além da energia fotovoltaica (CHOWDHURY *et al.*, 2014; PERONI, 2018).

Vale ressaltar que esse avanço em eletricidade através das energias renováveis em países em desenvolvimento como Índia e Brasil alcançaram números expressivos em 2015 chegando assim a ultrapassar o registrado nas economias desenvolvidas.

2.1.1 Investimento em fontes renováveis

O nível de investimento em energia limpa, também conhecida como energia renovável por não agredir o meio ambiente e usá-lo de forma benéfica vem crescendo na China cerca de 18% entre os anos de 2009 a 2013. Esse crescimento até os dias atuais apontam a China como um líder mundial no mercado de energia limpa (ROSSAROLA, 2016).

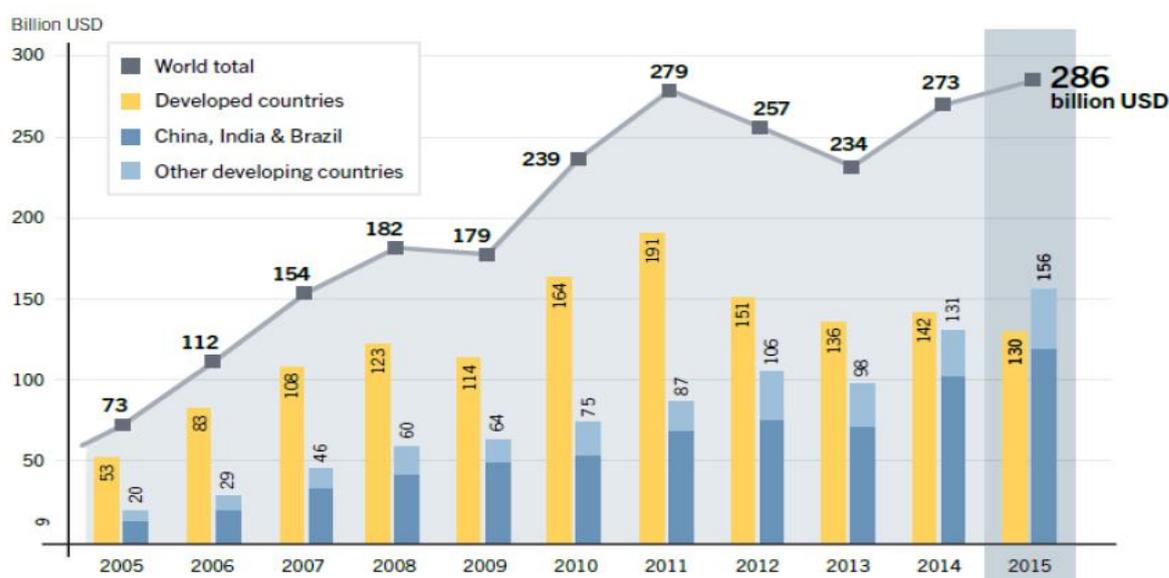
De acordo com Rossarola, até o momento da pesquisa, a China é o país que mais investiu em energia renovável totalizando 29% do investimento do grupo dos países mais ricos do mundo (G-20). Rossarola completa que países como Estados

Unidos e Japão vêm em posições seguintes, sendo estes grandes investidores em energia solar. (ROSSAROLA, 2016)

Os investimentos na década anterior foram incentivadores ao mercado de energia renovável sendo em 2015 estimada pela *Bloomberg New Energy Finance*, um investimento de USD285,9 bilhões, ultrapassando o recorde de 2011 que chegou a 278,5 bilhões. (ROSSAROLA, 2016)

A Figura 3 a seguir mostra os investimentos que ocorreram em energia renovável por países considerados emergentes como China, Índia e Brasil desde 2005 até 2015, onde nota-se os efeitos da crise econômica nos investimentos de 2009 e falência de instituições financeiras nos Estados Unidos e Europa, e também em 2012 e 2013.

Figura 3 - Investimento Mundial em Energias Renováveis.



Fonte: REN, (2016)

Percebe-se claramente do gráfico acima que ainda que o crescimento seja tímido, os países tidos como subdesenvolvidos tem aumentado consideravelmente suas buscas por energias renováveis, investindo certa 156 bilhões de dólares em 2015.

Em 2015, a China foi considerada líder no mundo em questões de energia renovável com o dobro de investimentos dos Estados Unidos, seguindo por países Japão, Reino Unido, Índia, Alemanha, Brasil, África do Sul, México e Chile. Na Figura 4 notam-se os investimentos e a tendência deles em países como Estados Unidos, Brasil, Índia e China.

Figura 4 - Investimento: Estados Unidos, Brasil, Índia e China.



Fonte: REN, (2016)

Extrai-se da figura que, na mesma medida que a China potencializou seu investimento em energias renováveis, os Estados Unidos vieram na contramão desse sistema, diminuindo seus investimentos consideravelmente.

2.2 Cenário energético brasileiro.

A matriz energética brasileira possui uma característica muito peculiar, pois é composta por quase 50% de fontes renováveis de energia, ao contrário do que se vê na média mundial de 12,9%. Além do grande potencial que o Brasil possui em relação aos combustíveis fósseis, pode-se dizer que o País possui a maior bacia hidrográfica do mundo, sendo assim um grande produtor de energia elétrica através das usinas hidrelétricas (MME, 2011a; ROSSAROLA, 2016).

No fim de 2015, a capacidade total de geração de energia elétrica no Brasil atingiu 140.858 MW, tendo um acréscimo significativo de 6.945 MW em relação ao ano anterior. Para Peroni, esses valores vêm ser 2.457 MW pela geração de fonte hidráulica, 1.737 MW acrescido pelas fontes térmicas, 2.745 MW acrescido pela fonte eólica e 6 MW foi acrescido pela energia solar. Vale ressaltar que esses valores são

somente da matriz energética brasileira não sendo acrescida as importações vindas do Paraguai e Venezuela. (PERONI, 2018)

No ano de 2016, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica a capacidade de produção de energia instalada no Brasil teve um aumento para 144.733 MW, conforme se observa abaixo:

Tabela 1 – Matriz de Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica em 2016.

Fonte de Energia	Origem	Unidades	(MW)	%	Total (MW)	Total (%)
Biomassa	Agroindustriais	410	10.775	7,05	13.365	8,74
	Biocombustíveis líquidos	2	4	0,00		
	Floresta	86	2.501	1,64		
	Resíduos animais	10	2	0,00		
	Resíduos sólidos	14	84	0,05		
Eólica	Cinética do vento	370	9.019	5,90	9.019	5,90
Fóssil	Carvão mineral	22	3.612	2,36	26.762	17,50
	Gás natural	152	13.036	8,53		
	Outros Fósseis	1	147	0,10		
	Petróleo	2199	9.967	6,52		
Hidroelétrica	Potencial hidráulico	1219	93.574	61,20	93.574	61,20
Nuclear	Urânio	2	1.990	1,30	1.990	1,30
Solar	Radiação solar	39	23	0,02	23	0,02
Capacidade Instalada Total					144.733	100,00

Fonte: ANEEL, (2016)

De acordo com a tabela 1, os principais percentuais giraram em torno da energia hidrelétrica (61,20%), Gás Natural (8,53%), Biomassa de origem agroindustrial (7,05%), Petróleo (6,52), e Energia eólica (5,9%). (ANEEL, 2016)

Pode-se analisar que a energia Solar contribui em 0,02% da capacidade instalada total, percentual ainda baixo, mas que apresenta aumento no número de usinas e crescimento em relação à 2015 (ANEEL, 2016).

O Brasil ultrapassou a marca de 1 giga watt de potência instalada em micro e mini geração distribuída de energia elétrica. A fonte mais utilizada para micro e mini geração distribuída, pelos consumidores brasileiros, é a solar fotovoltaica, com 82,6 mil micro e mini usinas e cerca de 870 megawatts (MW) de potência instalada. Depois da energia solar fotovoltaica, em potência instalada está a produção por centrais geradoras hidrelétricas (CGHs), com 86 usinas e 81,3 MW de potência (ANEEL, 2019).

Vale ressaltar que os estados que mais aderiram à micro e à mini geração, superando 10 mil unidades consumidoras, foram Minas Gerais (16,7 mil unidades de geração e 212,3 MW de potência instalada), Rio Grande do Sul (12 mil unidades, 144,4 MW) e São Paulo (14,5 mil unidades, 117,4 MW) (ANEEL, 2019).

3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O uso da energia solar fotovoltaica, seja como fonte de luz ou como fonte de calor, vem se tornando uma das promissoras alternativas energéticas para solucionar os problemas enfrentados da escassez de energia no mundo (TORRES, 2012).

De acordo com Cresesb, o conceito de energia solar fotovoltaica pode ser definido como:

Energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade, denominada de efeito fotovoltaico e é realizada pelos dispositivos fotovoltaicos (FV). Tal efeito foi relatado pelo físico francês Edmond Becquerel, em 1839, como sendo o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz, ou seja, no momento da interação da radiação solar com o material semicondutor, ocorre a liberação e movimentação de elétrons por este material, gerando-se assim essa diferença de potencial. (CRESESB 2004,p.45)

Essa tecnologia foi impulsionada graças ao ramo das telecomunicações que veio buscar fontes de energia para que fossem usadas em locais remotos. Além disso, a corrida espacial foi também de grande incentivo para o uso da energia solar, tendo em vista que a célula fotovoltaica é o meio mais adequado para fornecer a quantidade de energia necessária para a permanência no espaço por longos períodos de tempo, por possuir menor custo e peso (CRESESB, 2004).

Em relação ao Brasil, deve se analisar algumas premissas para instalação da energia solar, onde além da irradiação solar que é alta em diversos pontos do país, deve se levar em conta também o cenário econômico e as perspectivas de crescimento para os próximos anos. Para Pereira, a tendência de crescimento econômico sustentável para os próximos anos, além da melhoria na qualidade de vida da população e o acesso aos bens básicos de consumo são critérios essenciais que interferem e podem aumentar o consumo e a demanda por mais energia, principalmente a energia elétrica. (PEREIRA, 2017).

De acordo com Steeves, as fontes renováveis como a energia solar contribuem para a segurança energética e representam grandes avanços no setor econômico e ambiental, além de minimizar barreiras no que se diz a setores como custos e dificuldades de armazenamento e transmissão. (STEEVES, 2014)

Por isso, nesse sentido vale destacar que é necessário valorizar a expansão das energias renováveis no Brasil, tendo em vista que além de reduzir as emissões de gases do efeito estufa, resulta em segurança energética representando a melhoria do acesso à energia elétrica em regiões menos desenvolvidas (PERONI, 2018).

3.1 Radiação solar

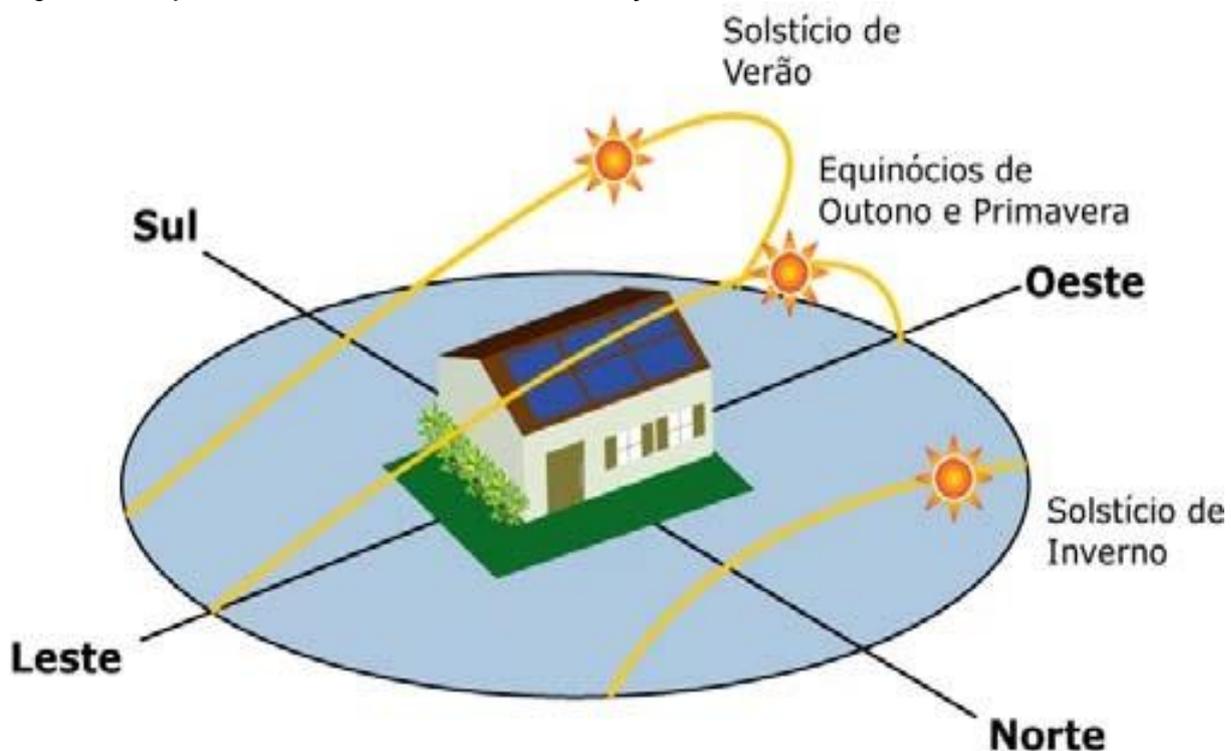
Segundo Torres, a norma técnica brasileira ABNT NBR 10899: 2006 define radiação solar como “a forma de transferência de energia advinda do sol através da propagação de ondas eletromagnéticas ou fótons”. E irradiação solar como “a quantidade de radiação incidente em uma superfície e integrada durante um intervalo de tempo especificado, normalmente uma hora ou um dia”. Essa irradiação vem ser a taxa de radiação solar que tende a incidir em uma superfície por unidade de área tendo assim como medida o watt por metro quadrado e simbologia “G”. (TORRES, 2012)

A energia fornecida pelo sol vem ser na ordem de $1,5 \times 10^{18}$ kWh, correspondendo a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período e considerando apenas a superfície da terra, o potencial de energia por meio do sol chega a ser de $10,8 \times 10^{11}$ GWh/ano. Assim pode-se dizer que o sol é uma fonte inesgotável de energia sendo fundamental não só pela manutenção da vida dos seres vivos, como também para geração de energia e assim para conversão como forma térmica ou elétrica (RUTHER, 2004).

O conhecimento a respeito da localização exata do sol é fundamental para a questão da instalação dos painéis solares. Essa localização pode ser definida por meio da altura e azimute de qualquer local. Segundo Torres no segmento da energia solar, o Sul é dado como $\alpha = 0^\circ$. O sinal negativo é atribuído aos ângulos orientados a Leste (Leste: $\alpha = -90^\circ$) e o sinal positivo aos ângulos orientados a Oeste (Oeste: $\alpha = 90^\circ$). (TORRES, 2012)

A irradiação do sol depende diretamente da altura em que o sol se encontra e sua trajetória, que faz com que a mesma mude durante o dia e o ano como a Figura 5 pode mostrar.

Figura 5 - Trajetória do Sol de acordo com as estações do ano

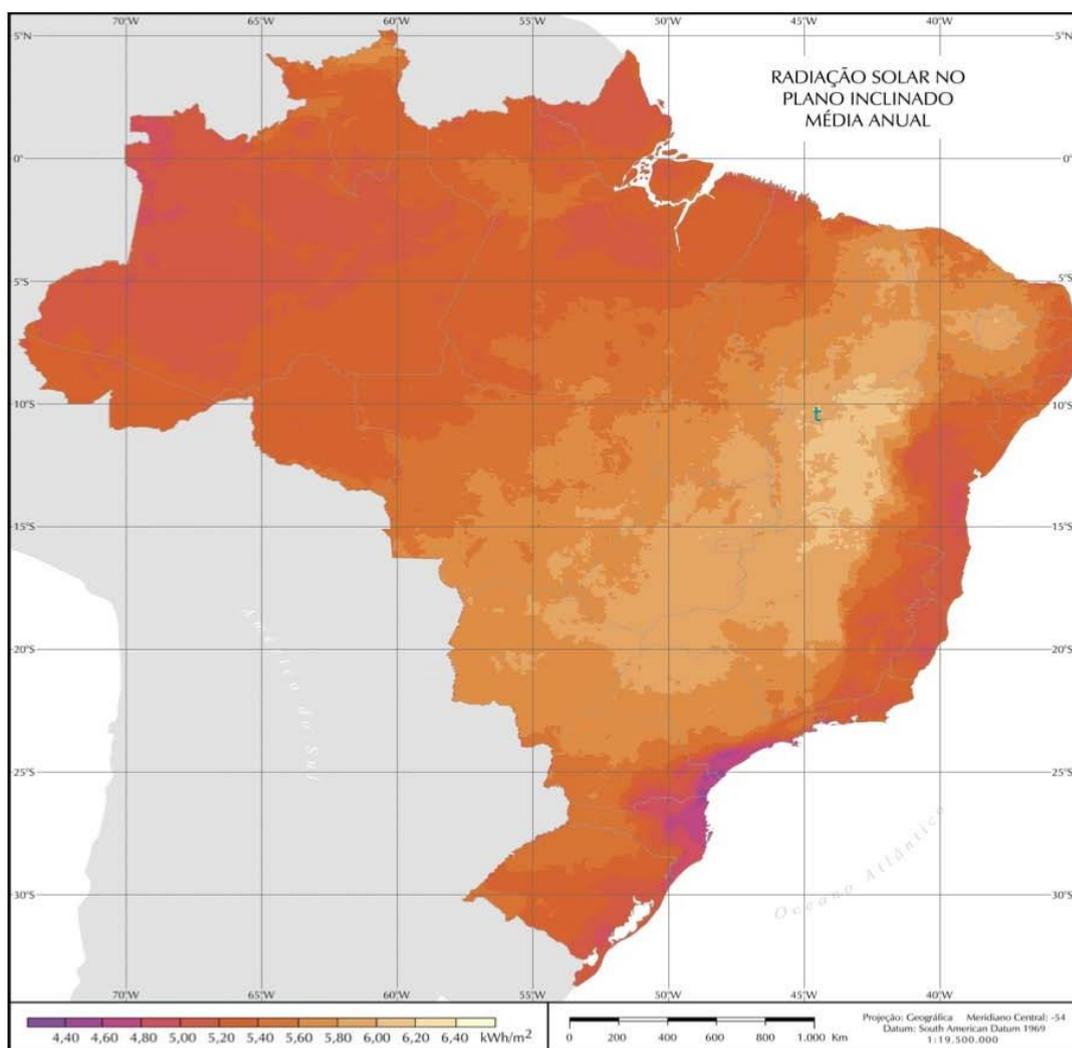


Fonte: TORRES (2012)

Vê-se do gráfico que em períodos de solstícios de inverno, por exemplo, a incidência do sol diminui no Leste, bem como em solstício de verão, a região norte não recebe tanta incidência solar. (TORRES, 2012)

No Brasil, existem estados que apresentam uma maior incidência solar que outros. Isso se dá devido a posição do sol em relação a Terra e o ângulo de incidência. A Figura 6 mostra o mapa do Brasil de acordo com a média anual da irradiação solar diária incidente sobre um plano com inclinação igual à latitude local. (TORRES, 2012)

Figura 6 - Mapa brasileiro de irradiação solar no plano inclinado média anual



Fonte: PEREIRA (2006)

Da análise do gráfico se ressalva a captação da energia solar incidente, onde os maiores níveis de irradiação registrados no plano inclinado vêm ser no Nordeste até o Sudeste na primavera e os menos valores ocorrem em todas as regiões durante a estação do inverno (TORRES, 2012).

3.2 Células fotovoltaicas

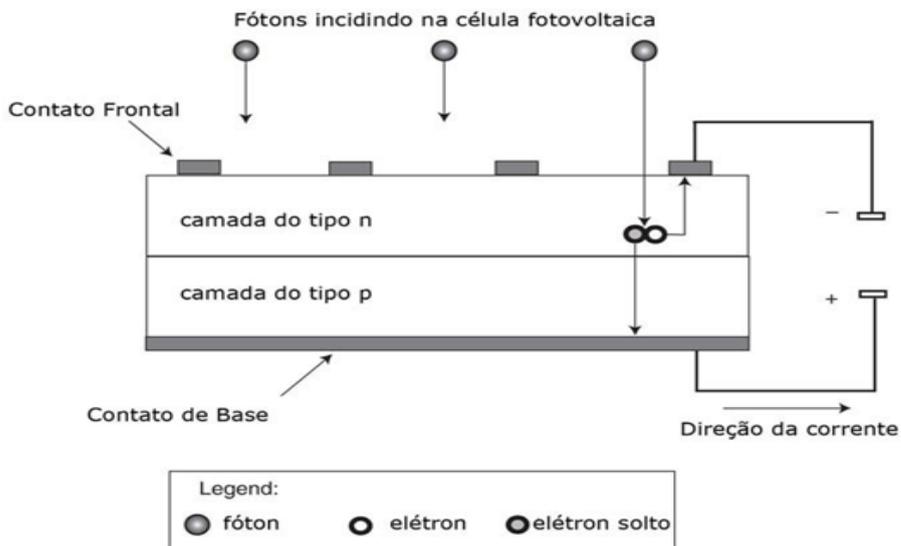
As células solares são as grandes responsáveis para que haja um funcionamento adequado do sistema fotovoltaico onde através delas ocorre a transformação da radiação do sol em energia elétrica. Para Torres (2012), o sistema é basicamente formado por materiais conhecidos como semicondutores como o silício, o arseneto de gálio, telureto de cádmio ou disseleneto de cobre e índio, onde

são adicionados dopantes com o intuito de criar um ambiente favorável para que haja o efeito fotovoltaico.

Cerca de 95% das células fotovoltaicas do mundo é constituído de silício, elemento este bastante encontrado na Terra, mas que muitas das vezes é encontrada em forma de ligas e não pura, como por exemplo areia de sílica e dióxido de silício. Entretanto os materiais para as células devem ter sua pureza na constituição, logo é necessário separar o oxigênio não utilizado do dióxido de silício. Assim, a areia de sílica é aquecida e fundida junto com pó de carvão, criando-se assim o silício metalúrgico, com uma pureza de 98%. Mesmo com pureza de 98%, os outros 2% de impurezas ainda deve ser processado através de processos químicos para que haja um silício de alta qualidade (TORRES, 2012).

Como já dito as células fotovoltaicas são formados por materiais semicondutores, onde este material é formado por uma banda de valência preenchida por elétrons e uma de condução vazia. Um exemplo exato ocorre quando quatro elétrons de silício se ligam aos seus vizinhos formando o que se chama de rede cristalina. Entretanto como o caso do fósforo, existem situações onde são adicionados cinco elétrons, tendo um em excesso que não poderá ser emparelhado sendo encaminhada assim a banda de condução. Devido a esse processo, o fósforo vem ser considerado um dopante “n” ou como se diz na engenharia dos materiais, uma impureza “n”. A Figura 7 mostra a seção transversal de uma célula fotovoltaica.

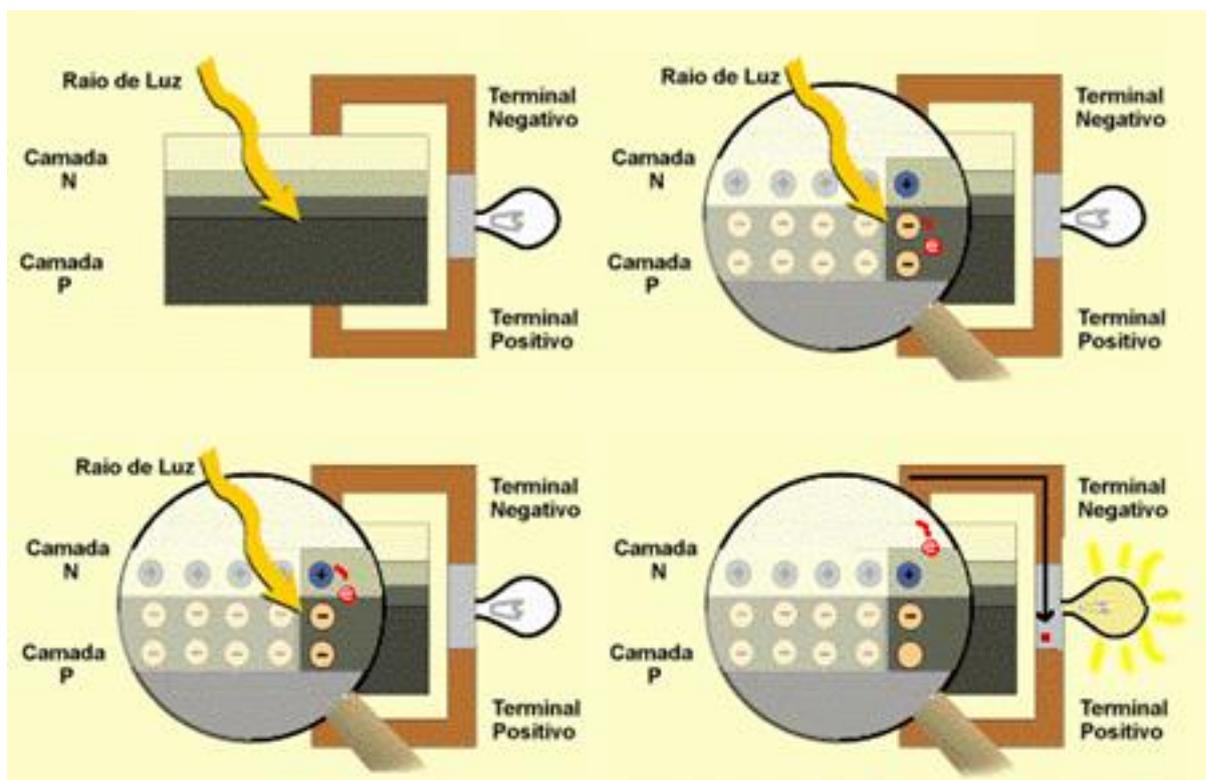
Figura 7 - Seção transversal de uma célula fotovoltaica



Fonte: VANEK & ALBRIGHT, (2008).

Outro exemplo é caso seja introduzido átomos com três elétrons de ligação como o Boro, havendo assim um elétron para completar a ligação com o silício. Este processo vem ser conhecido como lacuna ou buraco e caracteriza como a passagem de um elétron de um sitio vizinho para outra posição deixando assim um buraco na rede cristalina. Dessa forma, o boro é um aceitador de elétrons ou dopante "p". A figura 8 demonstrará como se dá o processo:

Figura 8 – Efeito fotovoltaico na junção “pn”



Fonte: TORRES, (2012)

Como finalização do processo, ocorre o que se chama de junção “pn”, onde os átomos de boro são inseridos em uma metade e os átomos de fósforo em outra metade, fazendo assim com que os elétrons livres do lado “n” passem para ocupar o espaço no lado “p”. (CRESESB, 2004).

3.3 Inversores

Os inversores são parte fundamental do processo de geração de energia do painel pois são eles os responsáveis por transformar a energia vinda dos módulos fotovoltaicos em corrente contínua para corrente alternada.

Isso é necessário pois todos os aparelhos são feitos para serem usados em corrente contínua, por isso a concessionária fornece energia dessa maneira. Já os painéis solares são associados em série ou paralelo, dependendo da intenção de produção, mas sempre vão gerar energia em 12 volts fazendo necessário essa conversão que é feita através de constantes chaveamentos que auxiliam na entrega de corrente na forma senoidal, a forma de energia amplamente utilizada. Abaixo, se tem a imagem de um inversor:

Figura 9 – Exemplo de Inversor



Fonte: Solvix – Energia Solar

Inversores como este dispostos na Figura 9 são essenciais para a produção fotovoltaica, de modo que a depender da demanda da casa ou residência talvez seja necessária uma quantidade maior de inversores. (SOUSA, 2018)

3.4 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados basicamente em dois grandes tipos: On-grid e Off-grid. Um dos critérios primordiais para saber qual dos dois instalar é observar a localização da propriedade em que se pretende colocar painéis fotovoltaicos. Isso porque deve ser observada a conexão de rede antes da aplicação do sistema. Se for em lugar urbano, prefere-se a instalação do sistema On-grid, mas se consistir em propriedade rural, prefere-se a Off-grid. Outro fator que os difere também tende a ser o preço, uma vez que o On-grid tende a ser menos custoso que o Off-grid, já que o último precisa de baterias para garantir o abastecimento elétrico. De resto, os dois desempenham basicamente as mesmas funções e tem facilidade de instalação, além de serem sustentáveis e com longa durabilidade.

3.4.1 Sistema On Grid

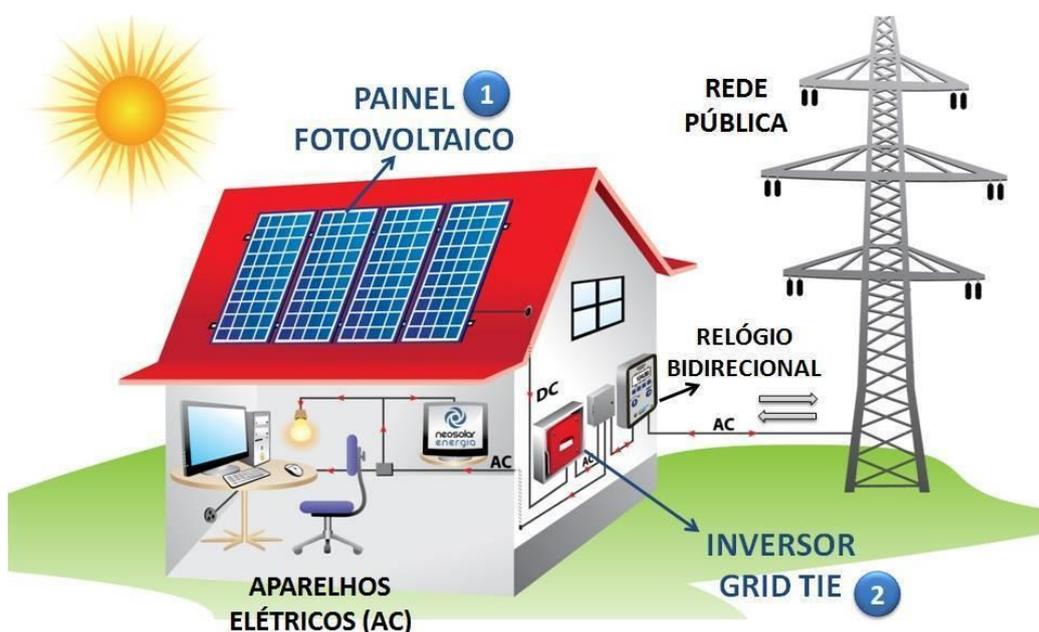
O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFCR) é também chamado On-grid, esse é o tipo de mais comum utilizado em áreas de fácil acesso à

energia. Nesse sistema o inversor trabalha em conjunto com a rede de distribuição de energia controlando automaticamente a fonte de entrada de energia.

Durante o período de produção do sistema fotovoltaico, que ocorre em sua maioria das vezes durante o dia, ele tem o papel de destinar a energia gerada do painel solar para consumo imediato e durante o tempo que o painel não consegue gerar a energia suficiente, automaticamente passa-se a utilizar a da concessionária.

A figura abaixo esclarece o funcionamento do sistema On-grid:

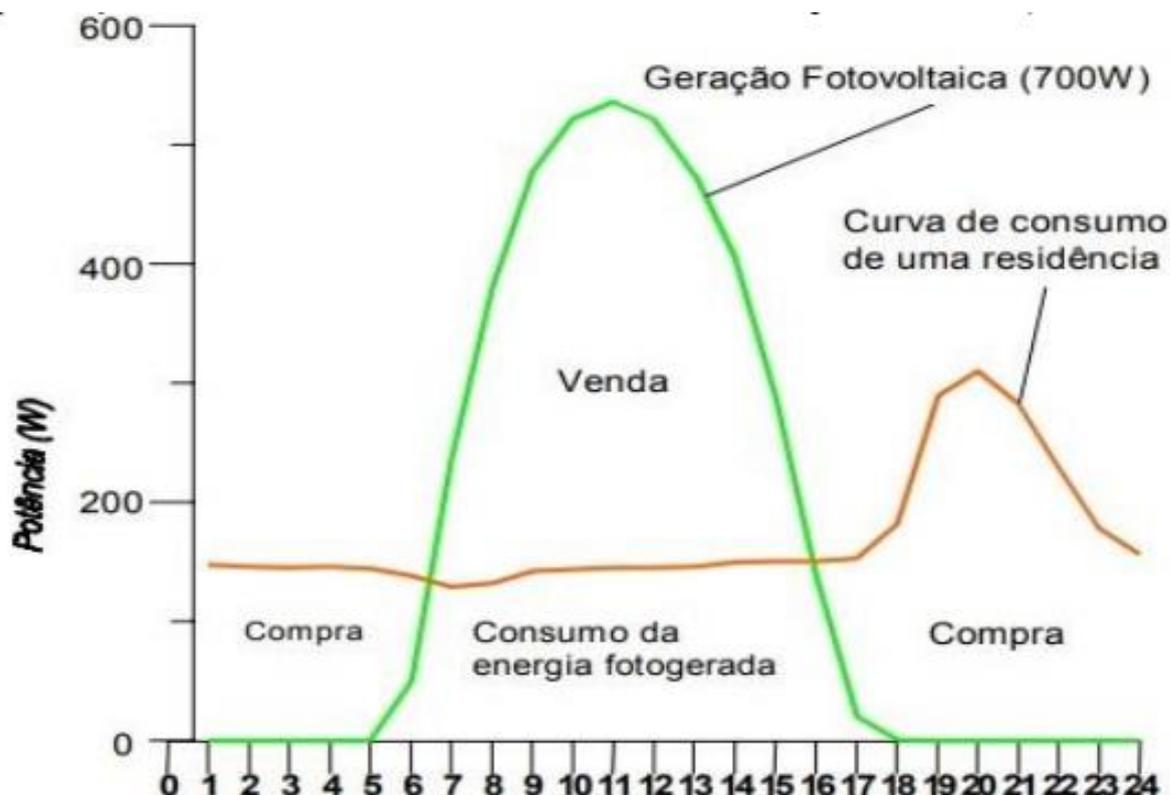
Figura 10 – Funcionamento do Sistema On-Grid



Fonte: NEOSOLAR, (2019)

Embora se pense que a geração de energia acontece durante todo o dia, algumas variáveis estão envolvidas nesse processo e mesmo elas não sendo determinantes a longo prazo ainda assim precisam ser consideradas: sombreamentos causados por nuvens ou pela angulação do sol ao longo do dia, dias de chuva ou nublados, todos esses tem impactos diretos na produção diária do painel, mas para efeitos de cálculo o gráfico abaixo exemplifica o comportamento padrão da geração e consumo de energia em uma residência ao longo do dia. A Figura 11 traz gráfico demonstrando essa situação.

Figura 11 – Gráfico Consumo X Geração de energia



Fonte: OLIVEIRA ,(2012)

Percebe-se que o consumo ocorre de maneira praticamente linear tendo seu pico no horário noturno em que geralmente todos estão chegando dos seus afazeres diários, deixando claro que durante o período entre 6 da noite e 5 da manhã não existe a geração por conta dos painéis solares que por sua vez funcionam de maneira ininterrupta (salvo exceções já comentadas) durante todo horário de presença do sol, ou seja, no horário contrário do citado.

Como se vê a geração de energia ocorre em certo período do dia, porém ela gera níveis claramente acima dos consumidos instantaneamente existindo assim uma sobra de energia que, através desse sistema, é injetada à rede deixando-a a disposição para ser usada pela concessionária como fonte de energia limpa tornando possível a destinação desse excedente a outros lugares à critério da mesma, o que gera a compensação de energia e consequente economia ao dono do sistema.

3.4.2 Sistema Off Grid

O Sistema Fotovoltaico Isolado é chamado de Off-grid, ele tem esse nome

pois sua fonte de energia é gerada exclusivamente pelos painéis solares, não tendo, portanto, contato nem trocas com energia da rede concessionária. Esse sistema é ideal para lugares de difícil acesso da rede os quais precisam de uma demanda de energia para consumo próprio.

Isso só é possível devido ao uso de um banco de acumuladores (baterias) capazes de acumular e estabilizar a energia produzida enviando-a para os aparelhos que a demandem. A produção de energia ocorre durante o dia útil do painel e seu excedente é armazenado nelas permitindo o consumo posterior em horários que o painel não esteja produzindo.

As baterias precisam possuir vida útil de longa duração pois serão submetidas a cargas e descargas constantes e diárias sendo geralmente feitas de chumbo-ácido. Para evitar problemas à longo prazo, devido à incessante variação de carga, é necessário a instalação de controladores de carga de modo a não permitir descargas excessivas nos acumuladores. (BLUESOL, 2017).

A figura 12 abaixo tenta exemplificar o funcionamento do sistema off-grid:

Figura 12 – Funcionamento do Sistema Off-Grid



Fonte: NEOSOLAR, (2019)

O sistema off-grid é eficiente em lugares de difícil acesso, pois permite a autonomia total da residência independente de presença ou não de rede, porém não é indicado para o uso em centros urbanos por simplesmente não ser necessário devido as facilidades do alcance das concessionárias, sendo assim toda vez que essa

pesquisa se referir à sistemas fotovoltaicos, sempre estará se referindo a sistemas On-grid.

3.5 Políticas Públicas e Acordos Internacionais

Quando se trata de política, o governo pode incentivar e financiar programas financeiros de incentivo a utilização de fontes renováveis. Estudos apontam que os países que implementam programas financeiros de incentivo, tendem a apresentar uma difusão mais rápida da energia solar fotovoltaica. Entretanto existem algumas barreiras burocráticas que dificultam a institucionalização de políticas públicas relacionadas a essas fontes renováveis. (PERONI, 2018).

De acordo com Campos, um exemplo dessa política pública para incentivar a expansão da energia solar fotovoltaica, refere-se à instalação desse sistema em prédios públicos como ocorreu na cidade de Barcelona na Espanha. O autor relata que o custo da aquisição e instalação do sistema ocorreu através de parceria entre a agência de energia de Barcelona e os municípios entre os anos de 2002 e 2008, e totalizando assim 1,65 MWp de potência instalada. (CAMPOS, 2016)

Outro país que busca expandir o mercado fotovoltaico vem ser o Chile que lançou o programa telhado solar público no ano de 2014 com orçamento girando em torno de 13 milhões de dólares. A função do programa é através de licitações desse sistema para prédio públicos, implementar e aperfeiçoar a instalação da energia solar fotovoltaica por meio de normas técnicas, buscando um faturamento proporcional a grandes países no mundo.

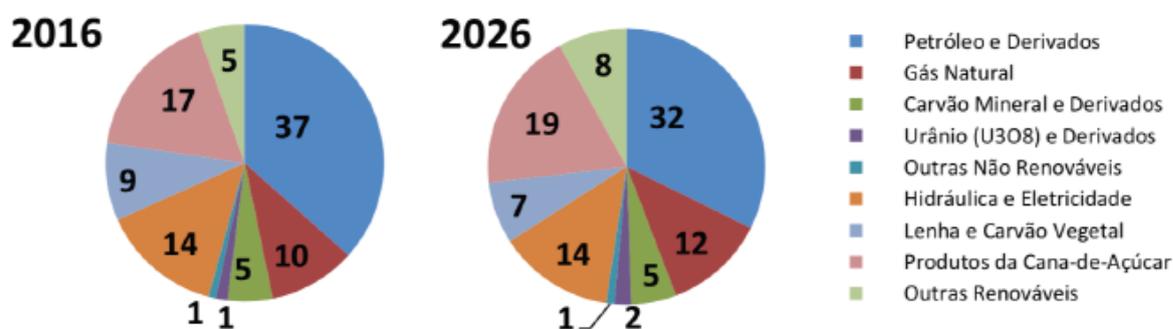
Quando se fala de políticas públicas no Brasil, pode-se dizer que o país vem desenvolvendo ações voltadas a ampliação da energia solar buscando a eficiência energética. Uma dessas ações vem ser o compromisso assumido pelo país na convenção das nações unidas sobre a mudança de clima, realizada no Rio de Janeiro em 1992. De acordo com o IPEA (2017), esse acordo frisa definir objetivos para o combate ao aquecimento global, onde o intuito é estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, reduzindo assim os impactos ao clima do mundo.

A partir de 2009, o Brasil obteve um papel de liderança no combate ao aquecimento global, desenvolvendo a Política Nacional sobre Mudança do Clima

(PNMC). Essa política visa reduzir emissões de gases de efeito estufa e buscar como meta a redução entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. A PNMC define também como estratégia a elaboração de planos setoriais de mitigação e ligadas às adaptações climáticas (BRASIL, 2017).

Esses planos indicam que até 2026 as energias renováveis representarão cerca de 48% da matriz energética do país, com uma participação de 23% da energia eólica, solar e biomassa como pode ser visualizado na Figura 13 abaixo:

Figura 13 - Evolução da composição da oferta interna de energia por fonte



Fonte: IPEA, (2017).

Vê-se que a projeção é de que nos próximos anos, o investimento com o setor fotovoltaico venha caindo cerca de 30% dos valores atuais, tornando assim essa opção mais competitiva como já se observa no âmbito internacional (BRASIL, 2017).

4 PANORAMA MUNDIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

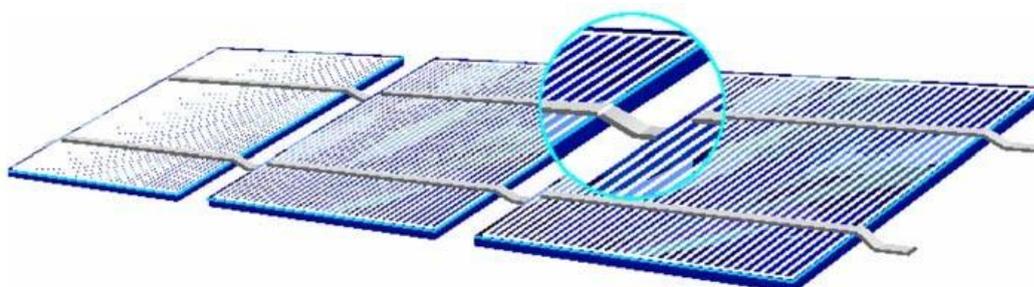
A energia solar fotovoltaica tem tido um grande crescimento mundial nos últimos anos, devido principalmente ao programa de intensificação de políticas governamentais, estimulando assim o crescimento tecnológico para este tipo de energia (TORRES, 2012).

De acordo com a IEA (2010) existe um órgão mundial de cooperação energética que engloba cerca de 26 países com o intuito de aumentar os esforços e acelerar o desenvolvimento e a implantação da energia solar fotovoltaica como uma opção de energia renovável significativa e sustentável. Como parte do incentivo, pesquisas anuais ocorrem envolvendo aplicações de energia fotovoltaica, além de análises de mercado buscando um desenvolvimento estratégico para a formatação de planos em empresas de eletricidade.

4.1 Módulo Fotovoltaico e custo

A fabricação dos módulos fotovoltaicos vem estar relacionada com o encadeamento de várias células solares com baixa potência tendo uma variação de 1 a 3W, e tensão menor que 1 V. A Figura 14 mostra uma interligação em série, onde os contatos de polo negativo são soldados com os contatos posteriores de polo positivo. Vale ressaltar que a maioria dos módulos fotovoltaicos é composta de 36 células de silício cristalino (TORRES, 2012).

Figura 14 - Interligação em série de células cristalinas solares



Fonte: TORRES, (2012)

Esses módulos fotovoltaicos são projetados com o intuito de operar entre 25 e 30 anos, onde o mesmo deve acomodar as células e suas ligações elétricas, gerando um suporte estrutural e proteção contra danos mecânicos e intempéries como

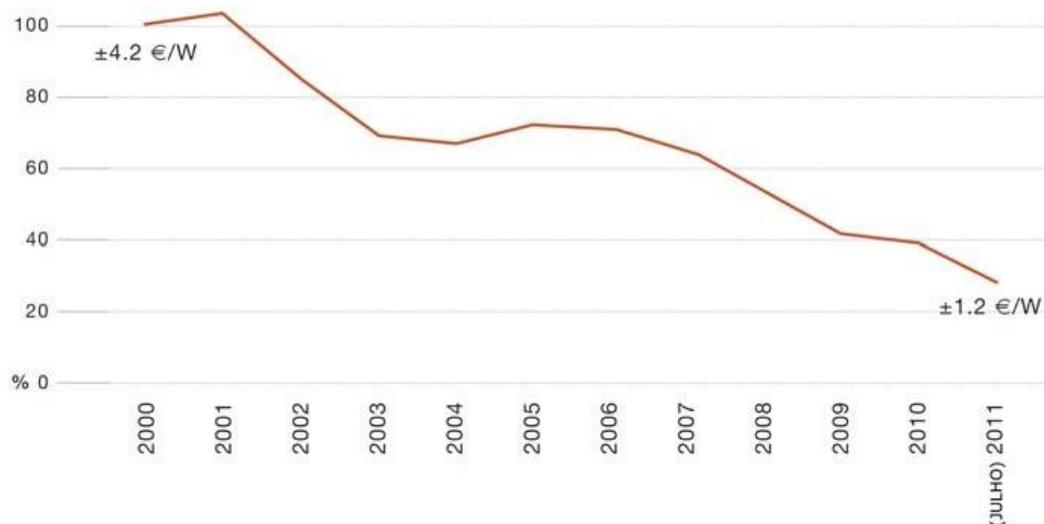
chuva, sol e ventos (LAMBERTS, 2010).

Para Torres (2012), os módulos formados de células de silício cristalino são geralmente rígidos e aqueles de filme fino podem ser construídos sobre vidro rígido, constituindo uma opção de instalação sobre superfícies curvas, além de apresentarem uma leveza em sua estrutura. Os módulos que estão disponíveis no mercado são os de silício cristalino com uma eficiência de conversão de energia solar em elétrica na faixa de 11 a 16%. Em relação aos módulos de filme fino, pode-se dizer que sua eficiência é bem menor que a de silício cristalino, girando em torno de 6 a 11%, dependendo do material semiconductor aplicado (LAMBERTS, 2010).

Quando se fala em custo do módulo fotovoltaico, pode-se dizer que cada país busca obter um custo cada vez menor para que até o fim de 2020 alcance a meta de 20% de fontes renováveis. Para isso os avanços tecnológicos e da economia são essenciais para que haja essa redução de custos, aumentando assim a competitividade da indústria fotovoltaica em relação às fontes de energia convencionais. Para Torres (2012), o custo da geração expressa normalmente em kWh, refere-se ao preço de única unidade de eletricidade e considera todos os custos que estão envolvidos no investimento e no sistema operacional durante a sua vida útil.

A Figura 15 mostra um declínio no preço do módulo fotovoltaico na Europa ao longo de 20 anos. Nota-se uma redução no valor constante dos módulos, decrescendo cerca de 20%, onde em comparação ocorre o dobro de vendas do módulo. Esse efeito é conhecido como fator de aprendizagem.

Figura 15 - Evolução do preço médio do módulo fotovoltaico na Europa



Fonte: IPEA, (2017).

O preço de um módulo fotovoltaico na Europa gira em média 1,2 €/W, sendo cerca de 70% mais em conta que um módulo 10 anos atrás. Em relação ao Brasil, o valor médio gira em torno de R\$ 6,30/W, equivalendo cerca de 2,5 €/W, ou seja, o dobro do preço instalado na Europa (IPEA, 2017).

4.2 Inversores e Custo

Segundo Torres, os módulos solares fotovoltaicos tendem a gerar energia elétrica em rede contínua, já a rede elétrica pública está em corrente alternada. Para que se obtenha a mesma frequência, são necessários inversores para transformar a corrente contínua em corrente alternada, apresentando o mesmo conteúdo harmônico, forma de ondas para que se ocorra a conexão da rede. (TORRES, 2012)

Os inversores apresentam duas classificações:

- Auto comutados, onde o circuito do inversor controla e sincroniza o sinal do inversor em direção a rede sem depender de parâmetros de rede;
- Comutados pela rede elétrica, onde o sinal da rede vem ser usado para sincronizar o inversor à rede.

De acordo com Pereira e Gonçalves (2008), as principais funções dos inversores vem ser:

- Converter a corrente contínua gerada pelo painel fotovoltaico em corrente alternada;
- Rastreamento do ponto máximo de potência (MPPT), trata-se de um sistema que é capaz de fazer os ajustes necessários para manter o módulo fotovoltaico em funcionamento máximo;
- Desconexão e isolamento: No caso de níveis de corrente, tensão e frequência não estarem na faixa padrão da rede elétrica, o inversor deve desconectar o arranjo fotovoltaico da rede. Em relação ao isolamento, ele deve ser usado como isolante no gerador da rede com o objetivo de evitar acidentes.

A eficiência de um inversor pode ser afetada por alguns fatores, sendo as condições ambientais, descasamento entre módulos e sujeira nos mesmos. Para condições normais (irradiação de 1.000 W/m², temperatura de junção da célula de 25

°C e massa de ar $AM = 1,5$), é possível calcular a potência em corrente alternada obtida na saída do inversor, através da Equação 1.

$$P_{CA} = P_{CC} \times EC$$

Eq.1 (Autoria própria)

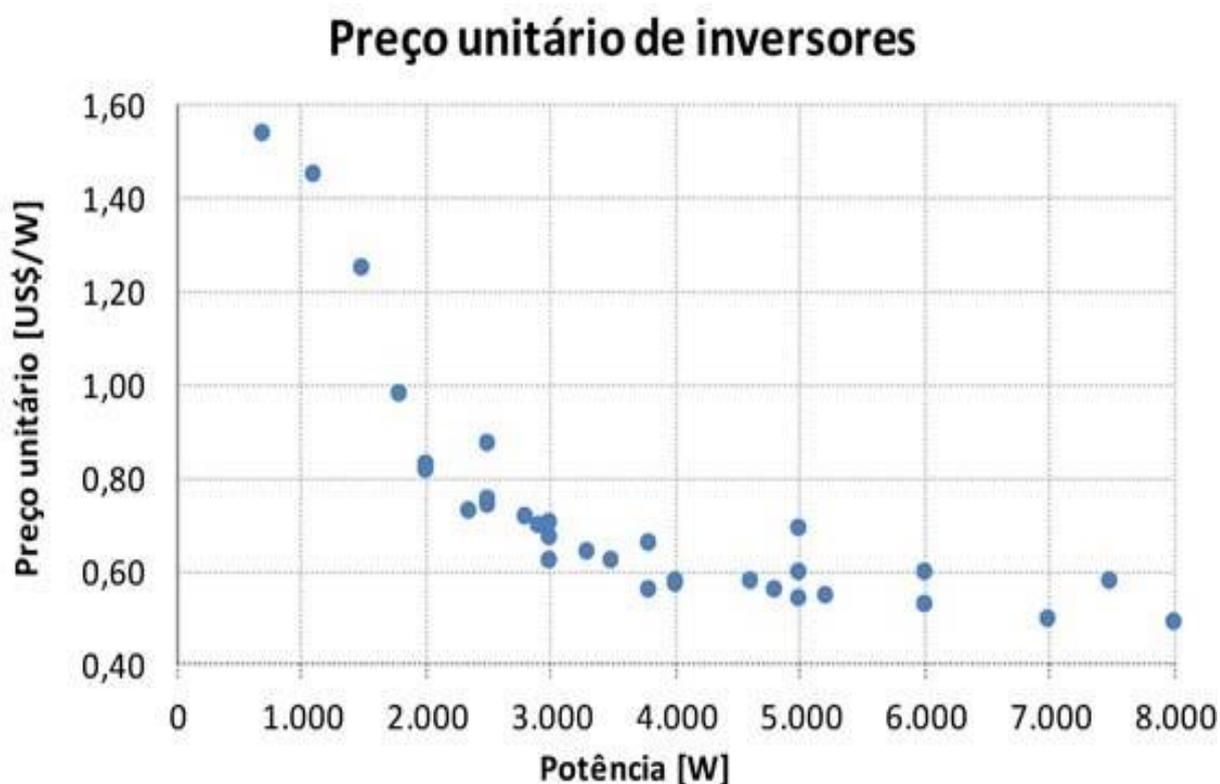
Onde: P_{CA} = potência em corrente alternada na saída do inversor

P_{CC} = potência em corrente contínua obtida nos módulos

EC = Eficiência de conversão

Em relação ao custo dos inversores, a Figura 16 mostra o preço unitário em função da potência nominal e expresso na unidade US\$/Wp, abaixo ilustrado:

Figura 16 – Preço unitário dos inversores



Fonte: IPEA,(2017).

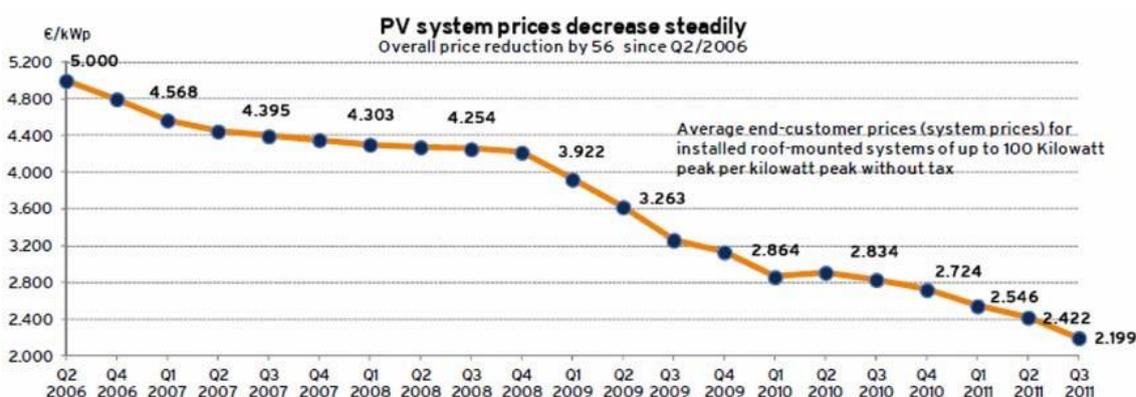
Pode-se notar que para potências superiores a 7000 Wp, o preço unitário fica estabilizado em US\$ 0,50/Wp, entretanto na faixa de potência de 1000 Wp, o preço chega a ser de US\$ 1,55 /Wp, Já em relação a potências de 100 KWp, o preço

permanece US\$ 0,50/Wp, com uma redução a US\$ 0,40/Wp para potência de 300 KWp, e de US\$ 0,30/Wp para potência de 500 KWp. (IPEA, 2017).

4.3 Sistema Completo

O sistema completo está relacionado a todos os componentes que transformam a energia solar em energia elétrica. São eles, o módulo fotovoltaico e o inversor como já mencionados anteriormente e que apresentam um preço de geração fotovoltaica com reduções devido aos declínios dos preços dos painéis. De acordo com a IPEA, o preço, por exemplo, na Alemanha de um sistema fotovoltaico de até 100 KWp, reduziu-se a € 2,2/Wp, sem impostos. Existem também outras utilizações da energia fotovoltaica com preços ainda menores, como é o caso de sua utilização a postes com valores chegando a € 1,60/Wp, e de instalações residenciais tendo valores de € 1,90/Wp. A Figura 17 mostra o declínio de preço do sistema completo ao longo dos anos na Alemanha. (IPEA, 2017)

Figura 17 - Evolução recente do preço de sistemas fotovoltaicos



Source: BSW-Solar PV Price Index 8/2011

Fonte: IPEA, (2017)

Como se observa, os valores têm decrescido de maneira considerável, de modo que estimula a população a implementar o sistema fotovoltaico na energia solar.

Países tradicionais da Europa como a Alemanha, Espanha, Itália, além dos Estados Unidos, tem nos dias atuais uma grande proporção de instalação de energia solar em telhados, sendo que a potência verificada nas edificações da Europa gira em torno de 3 KWp no setor residencial, 100 KWp no comercial e 500 KWp no industrial. (ROSSAROLA, 2016). A Solar Energy Industries Association – SEIA, o preço dos

sistemas fotovoltaicos não residenciais verificados nos Estados Unidos obteve média de US\$ 4,94/Wp, tendo uma queda posteriormente de US\$ 3,45/Wp. (IPEA, 2017).

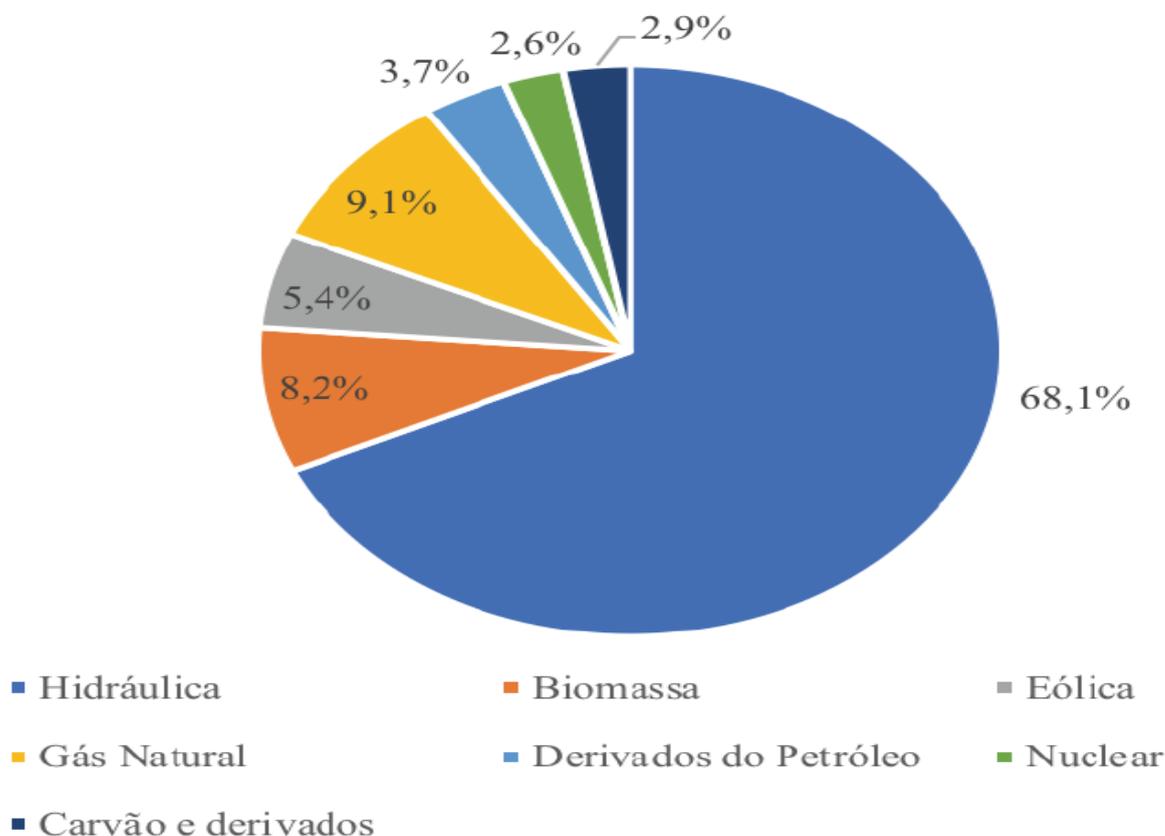
5 PANORAMA DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL

A comercialização dos sistemas de energia fotovoltaica desenvolveu-se no Brasil por volta de 1970, com a produção de módulos importados dos Estados Unidos. Em 1980, após a lei da informática, a indústria microeletrônica começou a produzir equipamentos fotovoltaicos com preços competitivos com os fabricados pelo mercado internacional. Entretanto, apenas em 1992, com as barreiras alfandegárias sendo retirada a importação de equipamentos de informática, foi que o sistema de energia solar começou a entrar com força no mercado nacional (TORRES, 2012).

No ano de 1994 foi desenvolvido o programa de desenvolvimento energético dos estados e municípios (PRODEEM) com o intuito de promover a aquisição de sistema de energia solar por meio de licitações internacionais. Entretanto mesmo com essas iniciativas, pode-se dizer que o Brasil não entrou totalmente no mercado fotovoltaico, mesmo com grande quantidade de reserva de silício, considerado o principal material usado na fabricação das células solares. Isso ocorre, porque o Brasil possui a matéria prima, mas não tem a tecnologia para o beneficiamento desse silício, sendo assim apenas um exportador do material com um baixo valor de mercado (TORRES, 2012).

Nos anos atuais, após a introdução das políticas de incentivo ao uso de energia renovável, a matriz energética do Brasil se apresenta com predominância renovável tendo destaque para a geração hidráulica com 68,1%, depois biomassa com cerca de 8,2%, gás natural (9,1%), derivados do petróleo (3,7%), energia nuclear com 2,6% e carvão e derivados (2,9%). Essas fontes de energia podem ser visualizadas na Figura 14 a seguir. Nota-se que a energia solar fotovoltaica ainda não configura no gráfico, e isso se dá porque apesar de que no Brasil existe em algumas regiões uma grande quantidade de irradiação solar, a produção ainda é considerada pequena quando comparada com outros países sendo que em 2017, representou apenas 0,09% da capacidade de geração instalada no Brasil (PERONI, 2018).

Figura 18 - Matriz Energética do Brasil em 2017



Fonte: EPE, (2017)

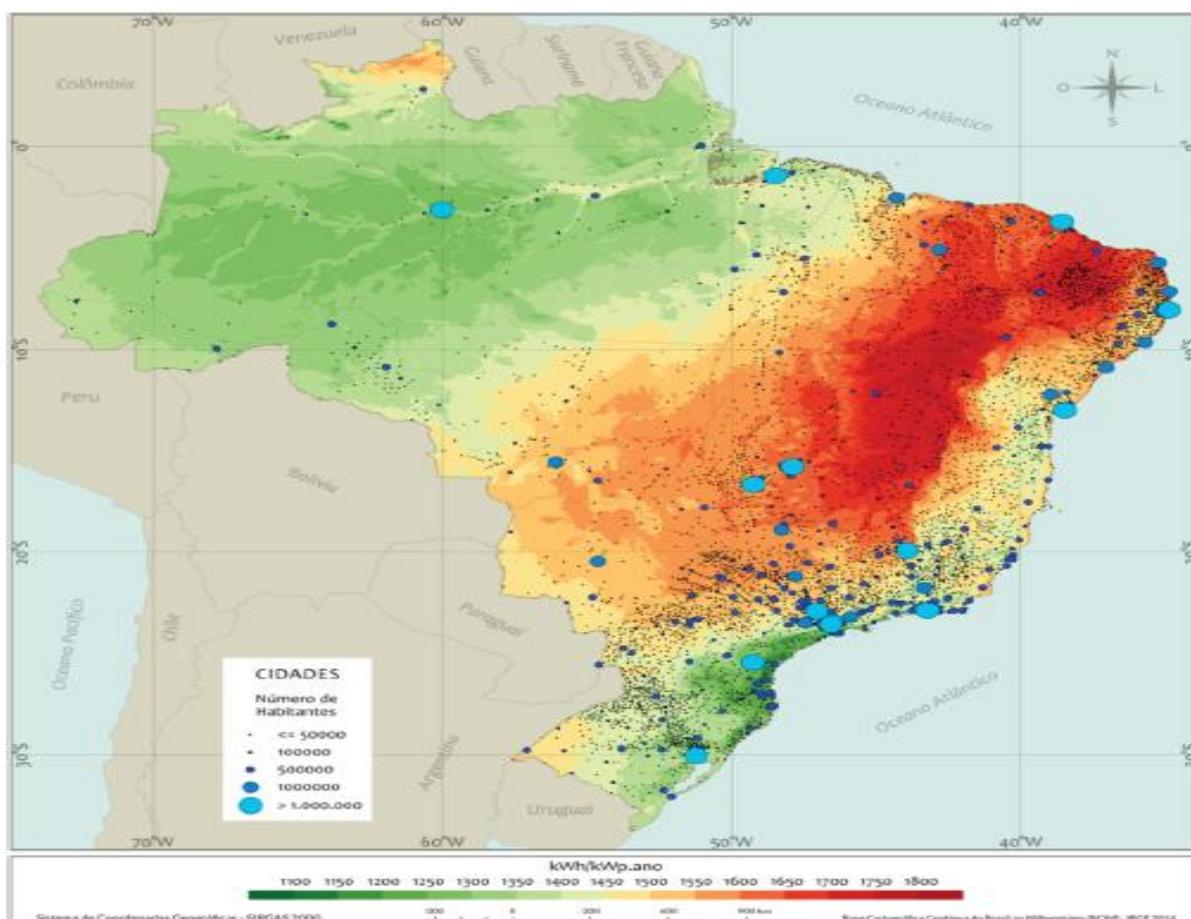
Vale ressaltar que a expansão do sistema de energia solar fotovoltaico se dá principalmente pela influência do tempo e clima de cada região, uma vez que a meteorologia pode influenciar na questão da incidência de radiação solar. Para isso, de acordo com Pereira, existe o atlas brasileiro de energia que disponibiliza dados científicos sobre o potencial, e a variabilidade espacial e temporal do recurso energético solar no Brasil. (PEREIRA, 2017)

Por esses dados verificou-se que o Brasil possui uma tendência de aumento da radiação solar anual chegando a ficar entre 10 e 20 Wh/m². Tendo com exceção da região sul, onde dados mostraram queda dessa radiação ao longo dos anos. Mesmo assim, de acordo com os autores, “no local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha” (PEREIRA *et al.*, 2017, p. 57).

A energia solar fotovoltaica no Brasil pode ser sim uma grande fonte de energia, tendo em vista que as regiões brasileiras com maiores índices solares como

mostrados na Figura 19 pode apresentar uma taxa de desempenho médio anual de até 80% para o gerador fotovoltaico quando o mesmo for projetado e instalado de forma adequada.

Figura 19 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, (2017, p. 59).

Nota-se pelo mapa que a região de maior incidência solar fica localizada na região nordeste, centro oeste e sudeste do Brasil, com grande destaque para o centro da Bahia apresentando valores máximos que chegam a (6,5kWh/m²/dia). Entretanto, vale ressaltar que além dessa abundância na irradiação solar, existem outros aspectos importantes para que a energia solar fotovoltaica seja efetivamente utilizada em larga escala no Brasil. Fatores estes que Mocelin (2014) enumera:

- Regulação;
- Tributação;
- Acordos internacionais e políticas públicas;
- Financiamento;

- Comunicação e disseminação da informação;
- Barreiras sociotécnicas: Mão de obra qualificada e qualidade dos painéis solares;
- Viabilidade econômico-financeira.

5.1 Legislação Brasileira

De acordo com Jannuzzi, no final do ano de 2008, o Governo Federal lançou uma discussão a respeito da energia solar fotovoltaica no país, onde foi criado através do Ministério de Minas e Energia o grupo de trabalho de geração distribuída de sistema fotovoltaicos, através da portaria de nº 36/2008 com o intuito de propor estudos e condições favoráveis à elaboração de utilização em assa de energia fotovoltaica, principalmente em edificações urbanas. (JANUZZI, 2009)

Nesse período existiram diversos programas de incentivo a telhados fotovoltaicos através da chamada tarifa-prêmio, onde se trata de um programa em que deveria ser limitado em período e porte com auxílio do governo, tendo custo e impactos tarifários definidos. Para o MME (2009) este programa foi criado com o intuito de incentivar o mercado fotovoltaico com custo suficiente para não afetar a modicidade tarifária.

Em 2012 foi aprovado pela ANEEL, à resolução Nº 482 que trata sobre as condições gerais para sistemas de distribuição de energia, além de sistemas de compensação e outras providências necessárias a serem tomadas.

No Capítulo I – Das Disposições Preliminares, tem-se que:

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

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

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

Além disso, essa resolução prevê que se a energia ativa injetada não tenha sido compensada ainda na própria unidade consumidora, pode ser usada para a compensação do consumo de outra unidade previamente cadastrada pela mesma distribuidora. (TORRES, 2012).

Os custos relacionados ao processo de medição que se torna essencial para a implantação do sistema de compensação de energia elétrica, vem ser de responsabilidade do interessado. Vale ressaltar que essa resolução N°482 aprovada pela ANEEL é de grande importância para o setor residencial, tendo em vista a resolução da problemática da não coincidência temporal entre a geração de energia e o consumo da mesma, já que os sistemas fotovoltaicos geram energia elétrica durante o dia com as horas de irradiação solar e o consumo dessa energia gerada ocorre à noite.

5.1.1 Normas técnicas

Existem algumas normas técnicas elaboradas pela ABNT, que estão em vigor desde 1991 e regem sobre os sistemas de conversão fotovoltaica de energia solar. De acordo com Torres (2012), dentre diversas normas, pode-se citar:

- NBR 11877:1991 – Sistemas fotovoltaicos – especificação, que tem como função verificar os requisitos de projetos que são exigidos e os critérios para que haja a aceitação de sistemas terrestres de conversão fotovoltaica que se encontra em processo de análise;
- NBR 10899:2006 – Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia, norma que fixa os termos técnicos usados em relação à conversão de energia fotovoltaica proveniente da radiação solar em energia elétrica;
- NBR 11704:2008 – Sistemas Fotovoltaicos – Classificação, rege e classifica os tipos de sistemas de conversão de energia solar fotovoltaica em energia elétrica;
- NBR 11876:2010 – Módulos fotovoltaicos – especificação, mostra os requisitos e critérios que são exigidos para que os módulos fotovoltaicos possam ser utilizados em uso terrestre;
- NBR IEC 62116:2012 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica.

5.2 Programa de incentivo e possíveis falhas

O Brasil desde 2014 conta com alguns incentivos ligados a fontes renováveis tendo como exemplo o convênio Confaz 101/97, que vem ser vigente até 2021. Esse convênio acabou por isentar do ICMS, as operações com equipamentos que envolvam a energia solar e eólica. (ROSSAROLA, 2016).

Outro programa de incentivo vem ser a lei de Nº10.762/2003, regulamentada pela normativa 77/2004 da ANEEL, onde se permite um desconto de 50% nas tarifas de transmissão e distribuição de energia para setores como solar, eólica e biomassa. Outro incentivo vem está ligado no setor de financiamento de máquinas e equipamentos (FINAME), onde estes podem ser adquiridos através de uma nacionalização extrema dos equipamentos. (MME, 2014)

Quando se trata apenas da energia solar fotovoltaica, as placas que são usadas no Brasil ainda são, em sua maioria, importadas. Porém em 2020, mais precisamente em agosto, as tarifas de importação tanto dos módulos quanto dos inversores foram consideradas zeradas pelo Governo Federal. Isso ajudará com que os painéis solares sejam mais utilizados no país, tirando a sobrecarga das usinas hidrelétricas e termelétricas, além de contribuir para o meio ambiente por se tratar de uma energia renovável. (REUTERS, 2020)

Entretanto essa medida fará com que as poucas empresas no Brasil que fazem o processo de fabricação destes equipamentos fiquem pressionadas, pois vendo a competitividade frente aos importados, que tradicionalmente já possuem vantagens em consideração aos custos, estas poderão se sentir desestimuladas a produzir. (REUTERS, 2020).

Existe uma Resolução no Governo Federal (Nº 517) que determina que o excesso de energia solar não pode ser comercializado, ficando assim guardado em um banco de energia para uso posterior. Entretanto existe uma falha através do imposto sobre circulação de mercadorias e serviços, conhecido como ICMS, no qual esse imposto deveria ser cobrado no consumo bruto de energia e não sobre aquele consumo líquido que vem ser tirado da rede de distribuição. Isso acaba gerando perda ao consumidor, pois o mesmo irá pagar fora o horário de insolação, de modo que quanto maior o consumo de energia fora do horário que ocorre a radiação solar, maior

será o impacto econômico negativo (FREITAS; HOLLANDA, 2015)

As políticas de incentivo no uso de energia solar são de grande ajuda no sentido de racionalizar os recursos energéticos que ficam escassos cada dia mais. Porém para que isso ocorra, deve existir ações do Estado que garantam um retorno financeiro não só aos investidores, mas também a toda sociedade que usará esse recurso. Vale ressaltar que o subsídio não deve estar o tempo todo presente, pois este mecanismo consiste em redução gradual do investimento. Esse estímulo deve ocorrer até ao ponto do mercado de energia solar fotovoltaica se equiparar ao uso de outras fontes de energia sem a necessidade do auxílio de políticas de incentivo.

5.3 Estimativa de custo de investimento no Brasil

Para que haja a constituição do preço final de um sistema fotovoltaico no Brasil é preciso considerar a incidência de vários impostos como é o caso dos impostos de importação, IPI, ICMS, PIS, COFINS. A Figura 20 mostra que o sobre custo no Brasil varia entre 30 e 35%, percentual este que incide sobre os valores de referência internacional. Portanto para Torres (2012), casos onde a potência de instalação é 100KWp, o custo seria de R\$ 6,31/Wp, excluindo impostos, e elevando para R\$ 8,36/Wp com a consideração de tributos, tendo assim um aumento de 32,5%.

Figura 20 – Preço unitário de sistemas completos (exceto montagem)

Carga Tributária									
Exemplo instalação Corporativa									
100 KWp									
Componente	Preço cliente final	II	ICMS	IPI	PIS	COFINS	ISS	Carga tributaria cliente final	Sistema sem impostos
Modulo	R\$ 406.802	12%	0%	0%	1,65%	7,65%	0%	R\$ 71.802 18%	R\$ 335.000
Inversor	R\$ 156.402	14%	12%	15%	1,65%	7,65%	0%	R\$ 58.594 37%	R\$ 97.808
Estruturas, cabos, conexão	R\$ 195.000	0%	18%	10%	1,65%	7,65%	0%	R\$ 60.937 31%	R\$ 134.063
Projeto, registro, instalação *	R\$ 78.000	0%	0%	0%	1,65%	7,65%	5%	R\$ 14.235 18%	R\$ 63.765
	R\$ 836.203							R\$ 205.567	R\$ 630.636
								25%	75%
Preço sistema R\$/ Wp	R\$ 8,36							R\$ 2,06	R\$ 6,31

Fonte: TORRES (2012)

Trazendo para os dias atuais, e considerando uma taxa de câmbio de US\$ 1,00 = R\$ 5,53, além de considerar painéis fixos, que não acompanham o movimento do Sol, os custos de investimento em sistema de energia fotovoltaica no

Brasil seriam estimados conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Custo de investimento em sistemas fotovoltaicos – referência no Brasil (R\$/Wp)

Potência	Painéis	Inversores	Instalação e Montagem	Total
Residencial (4-6 KWp)	R\$ 15,42	R\$ 3,95	R\$ 4,83	R\$ 24,2
Residencial (8-10 KWp)	R\$ 13,97	R\$ 3,44	R\$ 4,36	R\$ 21,77
Comercial (100 KWp)	R\$ 12,01	R\$ 2,90	R\$ 3,73	R\$ 18,64
Industrial (1000 KWp)	R\$ 11,06	R\$ 2,08	R\$ 3,28	R\$ 16,42

Fonte: Autoria própria (2021)

Vale ressaltar que essa estimativa está calculada a partir de referências internacionais de 2020 (US\$ 1,00 = R\$ 5,53), com acréscimo de 25% de tributos. Além disso, a demanda por energia fotovoltaica no Brasil é considerada incipiente, fazendo com que o índice de internacionalização de investimento pudesse ser maior que os 25% da tabela.

6 METODOLOGIA

A presente pesquisa tem como tema o estudo de viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia solar através de painéis fotovoltaicos em uma residência localizada na cidade de São Luís.

A metodologia utilizada na realização deste trabalho fora a de Estudo de Caso. Isto porque, para uma análise tanto qualitativa como quantitativa, fez-se necessário uma observação palpável, real sobre os efeitos diretos da utilização de energia solar na residência.

Desse modo, a pesquisa precisa focar em determinada propriedade, verificar a quantidade de equipamentos que dependam de energia, estabelecer parâmetros de consumo prévios e posteriores, a fim de demonstrar a efetividade da utilização de painéis solares na otimização do valor das contas de energia. Para tanto, é necessária uma observação mais detalhada sobre o caso trazido à estudo.

6.1 Identificação do Caso

O estudo de caso em questão ocorreu na cidade de São Luís, Maranhão, na rua Poção de Pedras, número 11, quadra 06, bairro Quintas do Calhau, com coordenadas latitude 2°29'8.68"S e Longitude 44°15'25.93"O.

Figura 21 – Vista aérea da residência em estudo



Fonte: Google Earth

A fim de preservar a identidade e privacidade dos moradores, optou-se pela utilização de abreviações ao se referir aos mesmos.

No presente endereço se encontra uma casa em bairro residencial onde residem 3 pessoas com uma rotina assídua, como qualquer família. O proprietário aqui identificado como O.F.B. possui 63 anos, é farmacêutico e exerce sua função em duas empresas privadas, sua esposa é médica e o casal possui dois filhos sendo apenas um morador assim como eles.

A moradia possui 800m² metros quadrados de terreno sendo 400m² de área construída para a residência, tem 2 andares e 5 suítes, sala de jantar, sala de estar e cozinhas amplas, escritório, um jardim e um bar em anexo a piscina.

Figura 22 – Vista frontal da residência



Fonte: Autoria própria (2021)

Contem como equipamentos elétricos: chuveiros elétricos, ar condicionados, iluminação de led, além de eletrodomésticos variados considerados comuns nas casas de classe média alta, como podemos verificar na tabela abaixo.

Tabela 3 - Eletrodomésticos

Equipamentos	Quantidade
Chuveiro Elétrico	5
Ar Condicionado	5
Micro-ondas	1
Geladeira	1
Freezer	2
Bomba	1
Compressor (piscina)	1
Iluminação	Led
Televisores	5
Computadores	1
Notebooks	3

Fonte: Autoria própria (2021)

A rotina da casa é considerada normal, como de uma família comum: os proprietários saem as 8 horas para trabalhar e retornam as 18, o único filho que reside na casa trabalha em uma empresa na modalidade *home-office*, portanto utiliza por mais tempo a residência em si.

Baseado nos fatos acima pode-se considerar essa casa como modelo para pessoas na mesma condição social uma vez que haveriam somente eventuais variações pontuais nos termos

Enfatiza-se que o proprietário sempre teve um lado investidor bem aflorado conjugado a uma preocupação com o meio ambiente que reflete diretamente nos cuidados que tem em seu estilo de vida, bem como na manutenção da sua casa.

Sendo assim, quando soube da possibilidade de ter energia solar na sua residência trazendo não somente benefícios financeiros para si como também agredindo menos o ecossistema, se interessou bastante pela ideia, de modo que se prontificou a avaliar esse investimento por meio da empresa MR Solar, empresa que forneceu os dados para que fosse possível a composição desta pesquisa.

6.2 Coleta de Dados

6.2.1 Consumo

Como já dito anteriormente, para que se demonstre a efetividade e os benefícios da implantação do sistema de energia solar nas residências, faz-se

necessário primeiramente realizar uma observação do consumo médio da casa alvo do estudo de caso, bem como verificar os valores pagos previamente às instalações dos painéis solares.

Sendo assim, o estudo terá como parâmetro-base as contas de luz fornecidas pela concessionária Equatorial Energia Maranhão referentes ao período de março do ano de 2019 a fevereiro de 2020, conforme demonstra tabela abaixo:

Tabela 4 – Consumos e valor em real das contas de energia relativas do período de 03/19 a 02/20

Mês	Consumo	Total
	(kWh)	Conta
		(R\$)
mar/19	688	R\$ 720,22
abr/19	775	R\$ 811,94
mai/19	757	R\$ 805,06
jun/19	668	R\$ 700,47
jul/19	962	R\$ 1.022,61
ago/19	895	R\$ 971,70
set/19	919	R\$ 930,74
out/19	1086	R\$ 1.062,45
nov/19	1246	R\$ 1.286,28
dez/19	987	R\$ 973,71
jan/20	756	R\$ 738,35
fev/20	843	R\$ 827,75

Fonte: Autoria própria (2021)

Os dados acima evidenciam que durante o período acima houve um consumo médio de 881,83 kwh que oscilou baseado no aumento ou diminuição pontuais ao longo dos meses.

Observa-se então que esse consumo totalizou, por sua vez, em média um valor de R\$904,27 (Novecentos e quatro reais e vinte e sete centavos). Com base nesses dados podemos perceber que, no contexto anterior a instalação do sistema fotovoltaico, o Quilowatt hora ficava em torno de R\$1,03, originando, ao final do mês, uma conta de luz com valor bem alto.

6.2.2 Sistema Fotovoltaico Ideal

Com posse das informações básicas essenciais de consumo de energia, verificou-se que a melhor opção seria pela instalação do sistema fotovoltaico On-Grid como já fora citado no capítulo 3. Isto porque, vê-se que não seria necessário que fossem implementadas baterias, haja vista se tratar de uma moradia em zona urbana com total suporte e acesso a rede de energia, sendo esse modelo o adequado para a maioria das residências da mesma área.

Segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB) a média de incidência solar em São Luís (cidade onde a moradia em questão está localizada) oscila mensalmente de acordo com a temperatura e nos movimentos de rotação e translação terrestres.

Tabela 5 – Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia] a 45 km das coordenadas indicadas

Ângulo	Incl.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horiz,	0° N	5,2	5,2	4,9	4,8	5	5,1	5,4	5,5	6	5,9	5,8	5,62	5,4
Ângulo igual a latitude	2° N	5,2	5,1	4,9	4,8	5,1	5,2	5,5	5,6	6	5,9	5,8	5,53	5,4
Maior média anual	2° N	5,2	5,1	4,9	4,8	5,1	5,2	5,5	5,6	6	5,9	5,8	5,53	5,4
Maior mínimo mensal	9° N	4,9	5	4,9	4,8	5,2	5,5	5,7	5,7	6	5,7	5,5	5,21	5,3

Fonte: CRESESB (2021)

A tabela acima mostra os dados médios de irradiação solar em São Luís a uma distância de 45km das coordenadas da residência, logo subentende-se que, a depender do dia, haverá variações na irradiação solar e, conseqüentemente, na captação da luminosidade pelo painel solar.

6.2.3 Orçamento

Averiguando o consumo médio da residência em questão, fez-se essencial a análise do dimensionamento de painel solar que atendesse as necessidades daquela residência.

Com base em análises internas ao resultado de que precisaria ser instalado um sistema que gerasse uma média mensal de 900 kW, quantidade que supriria o fornecimento elétrico ainda considerando perdas e eventuais imprevistos além de aproveitar o espaço físico dos telhados no ato da instalação e ainda assim ocasionando em um valor razoável para o orçamento da família. A partir dos dados coletados foi-se possível realizar o seguinte orçamento:

Figura 23 – Vista frontal da residênc



SEU PROJETO SOLAR

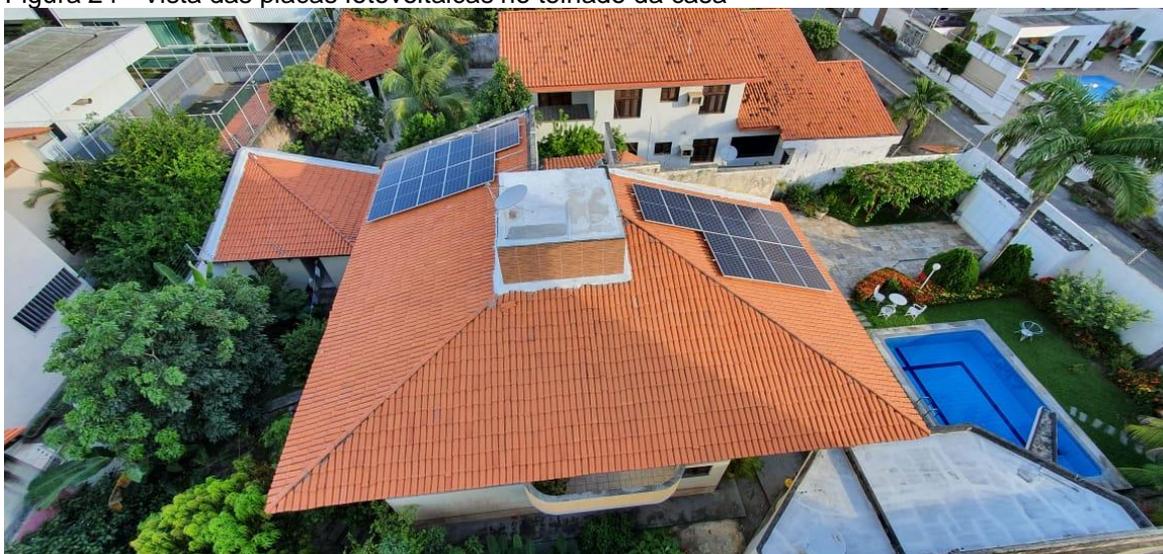
Potência Instalada	7,48	kWp
Painéis	355,00	Wp
	Qtd:	21
<small>Módulo Policristalino - CANADIAN SOLAR F16</small>		
Inversor (CC/CA)		
	Qtd:	1
<small>ABB, FRONIUS OU SUNGROW</small>		
Espaço Físico	41,29	m ²
Preço do Gerador Fotovoltaico	R\$	31.013,25

Fonte: MR Solar

O orçamento disposto acima incluiu não somente o uso de 1 inversores Fronius, toda a estrutura metálica que preencha os 41,29m² de área de telhado com 21 painéis de 355 watts, mas também placas, cabos, mão de obra de instalação, intermediação junto à concessionária de energia para liberação do projeto, o que totaliza um custo geral de R\$31.013,25 (Trinta e um mil e treze reais e vinte e cinco centavos).

A negociação perdurou de janeiro a fevereiro de 2020, haja vista a inegável percepção do valor do investimento ser relativamente alto para o lar médio brasileiro. Porém, a negociação prosperou e imediatamente após o contrato iniciou-se o processo de implementação do sistema de energia solar na residência citada.

Figura 24 - Vista das placas fotovoltaicas no telhado da casa



Fonte: Autoria própria (2021)

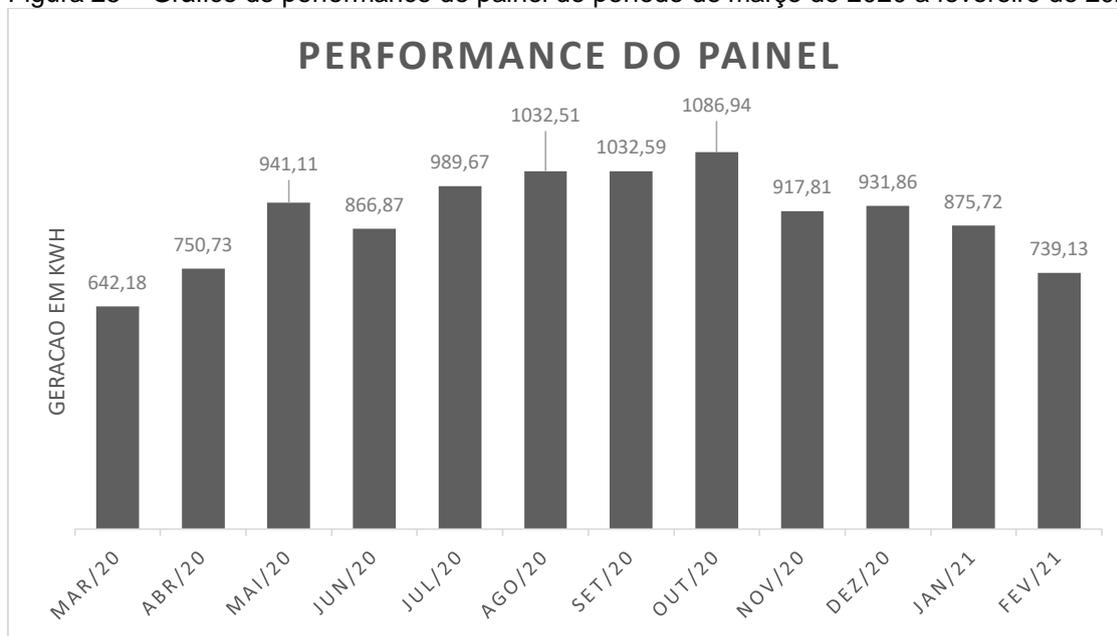
Deste modo ainda do mês de fevereiro a casa já começou a produzir, por meio dos painéis fotovoltaicos, a energia para não somente se manter, mas também injetar na rede elétrica.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período de março de 2020 até fevereiro de 2021 o sistema fotovoltaico atuou de forma contínua, ininterrupta e bastante produtiva. Nesse sentido, vemos que o mesmo atuava no ápice de sua funcionalidade, de modo que produziu,

segundo o próprio site de gerenciamento dos dados do inversor Fronius, os valores descritos na tabela abaixo:

Figura 25 – Gráfico de performance de painel do período de março de 2020 a fevereiro de 2021



Fonte: Autoria própria (2021)

Em posse desses dados observa-se claramente que o painel gerou em média 900,29kw/mês. Isto demonstra que houve uma evidente compatibilidade entre o que se esperava de produção fotovoltaica na feitura do projeto, bem como da suposição da irradiação solar citadas acima com o produto alcançado pelos painéis, sendo sua ação praticamente igual ao resultado médio que se esperava produzir.

Durante o dia, período que pressupõe uma grande quantidade de irradiação solar, os painéis fotovoltaicos produzem a todo vapor. Nesse sentido, quando há gasto de energia durante esse período, o sistema prontamente se dispõe a redistribuir a produção a fim de fornecer a energia suficiente para as ações comuns da casa. Sendo assim, se uma televisão está ligada, o sistema primeiro se prontifica a distribuir energia para mantê-la ligada, de modo que a produção e consumo tendem a se equiparar sempre.

Entretanto, quando os painéis produzem energia mais que suficiente para manter a moradia plenamente abastecida, os mesmos começam a injetar no sistema elétrico um excedente de energia por eles próprios produzidos. Desse modo na

chegada da fatura, verifica-se que haverá um contrabalanceamento do produto consumido e do produto injetado, de onde serão abatidos e compensados os valores, reduzindo, portanto, o valor da conta de luz.

No período noturno quando se cessa a irradiação solar, assim como nos dias nublados ou chuvosos, o sistema diminui ou para completamente a geração de energia. Sendo assim, nessas ocasiões, a residência, ainda que tenha sistema de energia solar, volta a consumir energia como qualquer outra, usufruindo da luz da própria concessionária, no caso, a Equatorial. Logo, o medidor aponta normalmente o consumo tido pela moradia durante aquele período, ainda que portadores de sistema de energia solar.

Do acima dito se chega à conclusão de que o cálculo do consumo total da casa é dado da seguinte forma: soma-se o consumido pela rede junto com a energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos e depois se diminui esse valor pela quantidade de energia injetada na rede.

$$C_{Total} = C_{Rede} + P_{Painel} - P_{Injetado}$$

Onde:

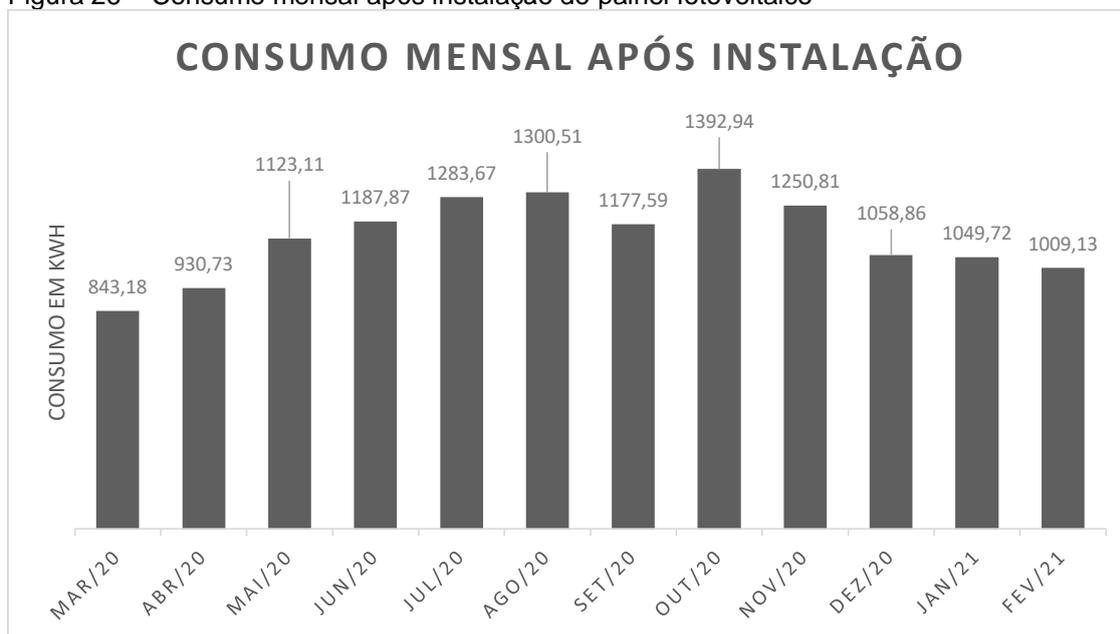
C_{Total} -Consumo total de Energia

P_{Painel} -Produção total do Painel

$P_{Injetado}$ -Produção injetada na rede

Abaixo, se vê uma análise do consumo total da casa após a instalação do painel de energia solar:

Figura 26 – Consumo mensal após instalação do painel fotovoltaico



Fonte: Autoria própria (2021)

As contas de energia por sua vez tiveram uma diminuição considerável de valores, mesmo que o consumo do quilowatt tenha sido maior. Isto aconteceu pois, como já se esperava, a instalação de sistema de energia solar claramente consegue reduzir o valor das contas de energia sem que por meio do abatimento do excedente injetado à rede, conforme se observa na tabela abaixo:

Tabela 6 – Valores das contas de energia de abril de 2020 a fevereiro de 2021

Mês	Total
	Conta (R\$)
mar/20	R\$ 194,55
abr/20	R\$ 196,65
mai/20	R\$ 199,74
jun/20	R\$ 328,81
jul/20	R\$ 316,39
ago/20	R\$ 297,02
set/20	R\$ 170,80
out/20	R\$ 327,66
nov/20	R\$ 346,49
dez/20	R\$ 160,68
jan/21	R\$ 193,48
fev/21	R\$ 284,36

Fonte: Autoria própria (2021)

Verifica-se, diante dos dados, que houve notória redução do valor médio de contas na ordem de 72,20% após a instalação do referido sistema. Em contrapartida, observou-se também que houve um aumento de 28,60% na demanda típica de energia que a residência normalmente consumia.

Tal fator encontra razão no próprio contexto mundial de pandemia do Corona vírus (SARS COVID-19), de modo que, a fim de resguardarem a sua saúde e garantirem o isolamento social, os moradores preferiram se manter em casa por muito mais tempo, o que, por conseguinte, faz com que o uso de energia elétrica tenha crescido. A tabela abaixo traz consigo dados que corroboram com essa visão:

Tabela 7 – Panorama geral de março de 2020 até fevereiro de 2021

Mês	Injetado	Produção Pannel	Consumo Imediato	Consumo da Rede	Consumo Total	Valor Final	Valor kWh
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(R\$)	(R\$)
mar/20	516	642,18	126,18	717	843,18	194,55	0,23
abr/20	523	750,73	227,73	703	930,73	196,65	0,21
mai/20	617	941,11	324,11	799	1123,11	199,74	0,18
jun/20	539	866,87	327,87	860	1187,87	328,81	0,28
jul/20	651	989,67	338,67	945	1283,67	316,39	0,25
ago/20	614	1032,51	418,51	882	1300,51	297,02	0,23
set/20	702	1032,59	330,59	847	1177,59	170,80	0,15
out/20	663	1086,94	423,94	969	1392,94	327,66	0,24
nov/20	585	917,81	332,81	918	1250,81	346,49	0,28
dez/20	642	931,86	289,86	769	1058,86	160,68	0,15
jan/21	547	875,72	328,72	721	1049,72	193,48	0,18
fev/21	492	739,13	247,13	762	1009,13	284,36	0,28
Soma	7091	10807,12	3716,12	9892	13608,12	3.016,63	-
Média	590,92	900,59	309,68	824,33	1134,01	251,39	0,22

Fonte: Autoria própria (2021)

Baseando na análise dos dados acima citados, visualiza-se que, ao considerar o mesmo consumo de energia do ano de 2020, caso a família não tivesse instalado o sistema de energia solar, a expectativa média de gastos seria de aproximadamente R\$1.218,54 (mil duzentos e dezoito reais e cinquenta e quatro centavos). Tem-se aqui como parâmetro o valor médio do quilowatt e a utilização de energia que compreenderia esse período aliado ao reajuste médio anual que ocorre no todo mês de setembro.

Entretanto, como a família optou por investir no sistema de energia solar e instalá-lo na sua moradia, o valor médio pago relativo a esse mesmo período foi de R\$251,39 (duzentos e cinquenta e um reais e trinta e nove centavos). Desse modo, vê-se notória redução de até 79,36% dos valores de fatura da energia elétrica, resultando num valor de aproximadamente R\$0,22 o quilowatt.

O cliente optou pelo financiamento através do banco Santander, visto que essa instituição traz benefícios e incentivos para o investidor em energia solar sendo assim a taxa acaba menor para quem opta pela implantação desse tipo de sistema em sua residência.

O proprietário O.F.B optou por realizar o pagamento do sistema em duas partes: dar uma entrada no valor de R\$8.000 (Oito mil reais) e financiar o restante em

24 meses conseguindo junto ao banco obter uma taxa de 1,015% de Juros ao mês resultando no valor total do financiamento de R\$26.048,83 (Vinte e seis mil e quarenta e oito reais e oitenta e três centavos), valor que, se somado a entrada, faz o preço final do sistema de painéis fotovoltaicos ser R\$34.048,83 (Trinta e quatro mil e quarenta e oito reais e oitenta e três centavos).

Para a análise da viabilidade econômica proposta na pesquisa optou-se pela utilização do conceito financeiro *Payback* descontado. Segundo Contador “O *payback* é o indicador mais simples e conhecido. Mostra o número de períodos necessários para recuperar os recursos despendidos na implantação de um projeto”, adaptando o conceito à objetividade da análise ele busca dizer quando o sistema de painéis fotovoltaicos vai “se pagar” ou seja, quando os custos de instalação e contas vão estar no *breakeven* (equiparados) com os custos teóricos da mesma residência caso não tivesse o sistema instalado.

Para dar início aos estudos é necessário primeiramente estipular, por meio de médias, os valores de reajuste anual das tarifas de energia. Sabe-se que anualmente entre de julho e agosto a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANELL) homologa tarifas de reajuste baseado em índices como aumento de custos, inflação e oferta e demanda, sendo assim todo ano, nesse período o valor será reajustado.

Tabela 8 – Reajustes anuais na tarifa energética

Reajustes Anuais Equatorial	
2015	11,93%
2016	8,24%
2017	12,88%
2018	16,94%
2019	3,82%
2020	-0,01%
2021	5,59%
Média	8,48%

Fonte: Autoria própria (2021)

A tabela acima evidencia que a média do reajuste dos últimos 6 anos é de 8,48% variando conforme as situações econômicas do país durante o período. Sendo aprovado em agosto do ano e refletindo imediatamente na fatura do mês de setembro.

Com posse desses valores de reajuste é possível projetar os valores da tarifa do Quilowatt hora uma vez que o mesmo já se encontra com os valores dos impostos que incidem sobre a conta de luz ICMS, PIS e COFINS incluídos e que não sofrerão mudanças bruscas de alíquotas ao longo do tempo.

Tabela 9 – Valores estimados de tarifas em 10 anos

Ano	Tarifa Estimada
2020	R\$ 1,03
2021	R\$ 1,12
2022	R\$ 1,21
2023	R\$ 1,32
2024	R\$ 1,43
2025	R\$ 1,55
2026	R\$ 1,68
2027	R\$ 1,82
2028	R\$ 1,98
2029	R\$ 2,14
2030	R\$ 2,33

Fonte: Autoria própria (2021)

Considerou-se também que haveria um aumento do consumo médio da residência anualmente na ordem de 2% isso porque a demanda de energia pode tender a crescer de acordo com o passar do tempo e mudanças dos hábitos como já fora mencionado acima.

A produção do sistema, por se tratar de conjunto de componentes eletrônicos, também cai ao longo dos anos. Muito disso se deve pelo fato dos painéis solares serem concebidos para absorver luz e não calor. Segundo dados da Canadian Solar, empresa fabricante dos módulos fotovoltaicos da residência, o mesmo tem garantia de 25 anos de funcionamento a 80% da produtividade. Portanto é consenso, se tratando de estudo de retorno do investimento, utilizar o coeficiente de perda de eficiência do painel como 0,7.

Com base nesses dados e considerando o período anual como sendo de março do ano em questão até fevereiro do ano seguinte foi possível chegar na tabela abaixo de estimativas de valores de consumo total e produção do painel.

Tabela 10 – Valores estimados de Consumo e Produção nos próximos 10 anos

Ano	Consumo Total (KWH)	Produção Painei (KWH)
2020	13608,12	10807,08
2021	13880,28	10731,43
2022	14157,89	10656,31
2023	14441,05	10581,72
2024	14729,87	10507,64
2025	15024,46	10434,09
2026	15324,95	10361,05
2027	15631,45	10288,52
2028	15944,08	10216,51
2029	16262,96	10144,99
2030	16588,22	10073,97

Fonte: Autoria própria (2021)

Em posse dos dados da demanda energética estimada da casa para os 10 anos de análise e os dados médios da produção do painel considerando a perda de eficiência pode-se chegar ao início do cálculo de retorno de investimento uma vez que tem-se que supor os possíveis valores das contas de energia considerando o consumo total combinando-os com os valores teóricos do quilowatt com e sem sistema acrescido do reajuste e perda de eficiência ao longo dos anos já evidenciado na acima.

Assim obteve-se a seguinte tabela:

Tabela 11 – Valores estimados das Contas de Energia com e sem sistema e a diferença de valores entre elas

Ano	Valor estimado da conta sem sistema fotovoltaico	Valor da conta com sistema fotovoltaico	Economia anual
2020	R\$ 14.622,45	R\$ 3.016,63	R\$ 11.605,82
2021	R\$ 16.179,68	R\$ 3.187,56	R\$ 12.992,12
2022	R\$ 17.902,75	R\$ 3.527,03	R\$ 14.375,72
2023	R\$ 19.809,32	R\$ 3.902,64	R\$ 15.906,68
2024	R\$ 21.918,94	R\$ 4.318,26	R\$ 17.600,68
2025	R\$ 24.253,22	R\$ 4.778,13	R\$ 19.475,08
2026	R\$ 26.836,09	R\$ 5.286,99	R\$ 21.549,10
2027	R\$ 29.694,02	R\$ 5.850,03	R\$ 23.843,99
2028	R\$ 32.856,32	R\$ 6.473,03	R\$ 26.383,28
2029	R\$ 36.355,38	R\$ 7.162,39	R\$ 29.193,00
2030	R\$ 40.227,09	R\$ 7.925,15	R\$ 32.301,93

Fonte: Autoria própria (2021)

Conforme fora mencionado anteriormente o cliente optou por disponibilizar R\$8.000 (Oito mil reais) de entrada e financiar o saldo em 24 meses. Os 12 primeiros ocorreram em 2020, continuará pagando durante todo o ano de 2021 e a parcela final será paga em fevereiro de 2022.

Sendo assim podemos quantificar o custo de aquisição de energia da residência como a soma dos gastos do financiamento do painel e do valor da conta pelo consumo da rede. Subtraindo dos valores projetados das contas caso o sistema não tivesse sido instalado podemos obter a tabela abaixo:

Tabela 12 – Valores estimados das diferenças no custo com e sem sistema fotovoltaico

Ano	Valor da conta com sistema fotovoltaico	Valor pago do financiamento	Custo de aquisição de energia	Valor da conta sem sistema fotovoltaico	Diferença
2020	R\$ 3.016,63	R\$ 21.024,44	R\$ 24.041,07	R\$ 14.622,45	-R\$ 9.418,62
2021	R\$ 3.187,56	R\$ 13.024,44	R\$ 16.212,00	R\$ 16.179,68	-R\$ 32,32
2022	R\$ 3.527,03	R\$ -	R\$ 3.527,03	R\$ 17.902,75	R\$ 14.375,72
2023	R\$ 3.902,64	R\$ -	R\$ 3.902,64	R\$ 19.809,32	R\$ 15.906,68
2024	R\$ 4.318,26	R\$ -	R\$ 4.318,26	R\$ 21.918,94	R\$ 17.600,68
2025	R\$ 4.778,13	R\$ -	R\$ 4.778,13	R\$ 24.253,22	R\$ 19.475,08
2026	R\$ 5.286,99	R\$ -	R\$ 5.286,99	R\$ 26.836,09	R\$ 21.549,10
2027	R\$ 5.850,03	R\$ -	R\$ 5.850,03	R\$ 29.694,02	R\$ 23.843,99
2028	R\$ 6.473,03	R\$ -	R\$ 6.473,03	R\$ 32.856,32	R\$ 26.383,28
2029	R\$ 7.162,39	R\$ -	R\$ 7.162,39	R\$ 36.355,38	R\$ 29.193,00
2030	R\$ 7.925,15	R\$ -	R\$ 7.925,15	R\$ 40.227,09	R\$ 32.301,93

Fonte: Autoria própria (2021)

Com base nos dados da tabela acima consegue-se perceber que o sistema atinge o ponto de equilíbrio (*breakeven*) em 2022, entretanto para conhecer com precisão o tempo de retorno de investimento é necessário desmembrar esse cálculo em uma estimativa mensal de modo a saber exatamente em qual mês ocorreu a transição entre o prejuízo e o lucro.

Para que seja feito a estimativa de *payback* foi considerado que o valor da diferença mensal entre o custo de aquisição de energia e o valor teórico da conta energia de energia sem o sistema instalado fosse corrigido monetariamente uma vez que, caso não tivesse optado por painéis solares e O.F.B. tivesse colocado seu

dinheiro em outro investimento, ele renderia juros e dividendos que seriam utilizados em prol de aumento de patrimônio.

Para realizar esse acréscimo foi considerado que o proprietário, com o valor aportado mensalmente no financiamento que paga o sistema, realizaria investimentos cuja taxa de retorno estimada fosse de 0,5% ao mês, totalizando 6,1% ao ano. A tabela abaixo detalha mês a mês os valores acumulados os corrigindo monetariamente.

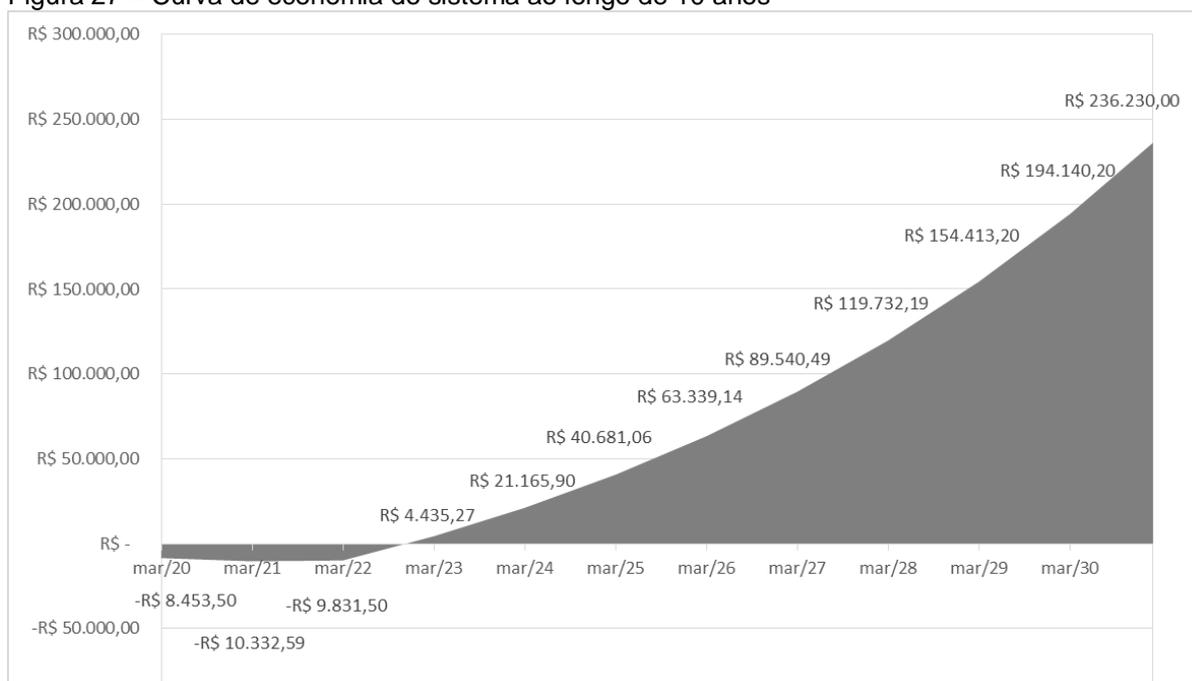
Tabela 13 – Valores mês a mês com correção monetária

Mês	Custo de aquisição de energia	Valor da conta sem sistema fotovoltaico	Diferença	Saldo acumulado mensal com correção
mar/20	R\$ 9.279,92	R\$ 868,48	-R\$ 8.411,44	-R\$ 8.453,50
abr/20	R\$ 1.282,02	R\$ 958,65	-R\$ 323,37	-R\$ 8.819,14
mai/20	R\$ 1.285,11	R\$ 1.156,80	-R\$ 128,31	-R\$ 8.991,54
jun/20	R\$ 1.414,18	R\$ 1.223,51	-R\$ 190,67	-R\$ 9.227,17
jul/20	R\$ 1.401,76	R\$ 1.322,18	-R\$ 79,58	-R\$ 9.352,89
ago/20	R\$ 1.382,39	R\$ 1.339,53	-R\$ 42,86	-R\$ 9.442,52
set/20	R\$ 1.256,17	R\$ 1.315,77	R\$ 59,60	-R\$ 9.430,13
out/20	R\$ 1.413,03	R\$ 1.556,39	R\$ 143,36	-R\$ 9.333,91
nov/20	R\$ 1.431,86	R\$ 1.397,59	-R\$ 34,27	-R\$ 9.414,86
dez/20	R\$ 1.246,05	R\$ 1.183,11	-R\$ 62,94	-R\$ 9.524,87
jan/21	R\$ 1.278,85	R\$ 1.172,90	-R\$ 105,95	-R\$ 9.678,45
fev/21	R\$ 1.369,73	R\$ 1.127,55	-R\$ 242,18	-R\$ 9.969,02
mar/21	R\$ 1.274,69	R\$ 960,96	-R\$ 313,73	-R\$ 10.332,59
abr/21	R\$ 1.294,35	R\$ 1.060,74	-R\$ 233,60	-R\$ 10.617,86
mai/21	R\$ 1.337,54	R\$ 1.280,00	-R\$ 57,54	-R\$ 10.728,49
jun/21	R\$ 1.352,08	R\$ 1.353,80	R\$ 1,72	-R\$ 10.780,42
jul/21	R\$ 1.373,59	R\$ 1.462,99	R\$ 89,39	-R\$ 10.744,92
ago/21	R\$ 1.377,37	R\$ 1.482,18	R\$ 104,80	-R\$ 10.693,84
set/21	R\$ 1.372,20	R\$ 1.455,90	R\$ 83,70	-R\$ 10.663,61
out/21	R\$ 1.424,65	R\$ 1.722,14	R\$ 297,49	-R\$ 10.419,44
nov/21	R\$ 1.390,03	R\$ 1.546,42	R\$ 156,39	-R\$ 10.315,14
dez/21	R\$ 1.343,28	R\$ 1.309,11	-R\$ 34,17	-R\$ 10.400,89
jan/22	R\$ 1.341,05	R\$ 1.297,81	-R\$ 43,24	-R\$ 10.496,14
fev/22	R\$ 1.331,16	R\$ 1.247,62	-R\$ 83,54	-R\$ 10.632,16
mar/22	R\$ 209,48	R\$ 1.063,30	R\$ 853,82	-R\$ 9.831,50
abr/22	R\$ 231,23	R\$ 1.173,71	R\$ 942,48	-R\$ 8.938,18
mai/22	R\$ 279,03	R\$ 1.416,31	R\$ 1.137,28	-R\$ 7.845,59
jun/22	R\$ 295,12	R\$ 1.497,98	R\$ 1.202,86	-R\$ 6.681,95
jul/22	R\$ 318,92	R\$ 1.618,79	R\$ 1.299,87	-R\$ 5.415,49
ago/22	R\$ 323,10	R\$ 1.640,03	R\$ 1.316,92	-R\$ 4.125,65
set/22	R\$ 317,37	R\$ 1.610,94	R\$ 1.293,57	-R\$ 2.852,70
out/22	R\$ 375,41	R\$ 1.905,54	R\$ 1.530,13	-R\$ 1.336,83
nov/22	R\$ 337,11	R\$ 1.711,11	R\$ 1.374,00	R\$ 30,49
dez/22	R\$ 285,37	R\$ 1.448,52	R\$ 1.163,15	R\$ 1.193,79
jan/23	R\$ 282,91	R\$ 1.436,02	R\$ 1.153,11	R\$ 2.352,86
fev/23	R\$ 271,97	R\$ 1.380,49	R\$ 1.108,52	R\$ 3.473,15

Fonte: Autoria própria (2021)

Com base nos valores da tabela pode-se afirmar que o sistema fotovoltaico realiza o *breakeven* no mês de novembro de 2022, o 33º mês após sua instalação. No mês em questão a soma dos valores economizados com energia devido a produção dos painéis supera o somatório dos valores teóricos de contas caso ele não tivesse optado pelo investimento. O gráfico abaixo mostra a curva de economia do sistema no período de 10 anos

Figura 27 – Curva de economia do sistema ao longo de 10 anos



Fonte: Autoria própria (2021)

A partir desse ponto o sistema gera economias para o proprietário em uma ordem de grandeza elevada, ao final do 10 anos tem-se um acumulado corrigido de R\$236.230,00 (Duzentos e trinta e seis mil duzentos e trinta) de saldo em comparação à caso ele não optasse pela implantação da energia solar. Provando ser muito viável.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto no estudo pode-se chegar a algumas conclusões. O sistema de geração de energia por meio de painéis fotovoltaicos se mostrou muito eficiente de modo geral, uma vez que sua performance ocorreu conforme o projetado garantindo abastecimento, economia e redução aos impactos no meio ambiente

Esse artigo buscou, por meio do estudo de caso, desmistificar um pouco o receio que os consumidores têm com a implementação de painéis solares uma vez que o investimento é considerado elevado porém, como fora provado acima, existe um retorno a curto, médio e longo prazo que sempre vai suprir as expectativas em todos os casos, sem exceção.

A economia que o sistema gera demonstrou ser clara, simples e direta. Com o payback estimado em 2 anos e 9 meses e gerando economia desde o primeiro mês o mesmo se mostrou uma opção muito viável para aqueles que buscam uma alternativa para escapar de preços abusivos de custos de energia os quais serão eternos, visto a necessidade inerente do ser humano por energia.

Aliado a isso existe a facilidade de financiamentos para esse propósito. As instituições financeiras facilitam através de liberação de linhas de crédito com baixas taxas anuais para clientes que tenham interesses em adquirir seu sistema, tornando mais viável ainda sob o ponto de vista financeiro.

Não se pode esquecer que, além da geração de energia imediata após a instalação, o sistema completo tem uma garantia do fabricante de 25 anos sendo assim a geração de energia por meio dos painéis solares está assegurada pelas próprias empresas fabricantes dos módulos e inversores, o que dá um conforto a mais para o cliente quando pensar em fazer esse investimento.

Do ponto de vista ambiental, a busca por novas fontes de energia mais sustentáveis torna mais viável ainda a implementação desses sistemas em larga escala devido as reduções de emissões de gás carbônico que seriam gerados ao meio ambiente quando comparado com a maneira tradicional de geração de energia

Portanto conclui-se que a geração de energia através de um sistema de painéis fotovoltaicos é um método bastante viável para implementação em residências

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10899:2006 - Energia solar fotovoltaica - Terminologia.** 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica.** Brasília: ANEEL, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica.** Brasília: ANEEL, 2019.

CHOWDHURY, S; *et. al.* **Importance of Policy for energy system transformation: Diffusion of PV technology in Japan and Germany.** Energy Policy, v. 68, p. 285-293, 2014. Disponível em: https://ac.els-cdn.com/S0301421514000287/1-s2.0-S0301421514000287-main.pdf?_tid=bdb6dfa6-2370-4163-898640d640ba222b&acdnat=1522705699_267aaebb703e3178666a61ba53ffd09b. Acesso em: 17 de agosto de 2020.

CONTADOR, Claudio Roberto. **Avaliacao social de Projetos.** São Paulo. Atlas 1998

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro, CRESESB, 2004.

IEA. International Energy Agency. **Photovoltaics Power Systems Programme.** Disponível em: < <http://www.iea-pvps.org/> > Acesso em 21 de agosto de 2020.

MME. Ministério de Minas e Energia. EPE - **Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético nacional 2011:** ano Base 2010. Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2011a.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Cenários e aplicações de energia solar.** In: Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf. Acesso em: 15 de agosto de 2020.

PEREIRA, E. B *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar.** 1. Ed. São José dos Campos - SP: INPE, 2006. v.1. 60 p.

PERONI, Michel Bucci. **Viabilidade econômico-financeira e barreiras para o avanço da Energia solar fotovoltaica no setor de supermercados.** Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2018.

PINELLI, Natasa. **Há exatos 137 anos uma lâmpada elétrica foi acesa por Thomas Edison**. Brasil, 2016. Disponível em:<
<https://epocanegocios.globo.com/Caminhos-para-ofuturo/Energia/noticia/2016/10/ha-exatos-137-anos-uma-lampada-eletrica-foi-acesa-por-thomas-edison.html>> Acesso em 29 mar 2021

REN21 STEERING COMMITTEE (Paris) (Org.). **Renewable Energy Policy Network for the 21st century**. França, 2016.

ROSSAROLA, Adriane. **Análise econômico-financeira de investimento em energia solar e externalidades: Estudo de caso de uma empresa industrial em Santa Catarina**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

RÜTHER, R. *et al.*. **Avaliação do impacto da geração distribuída utilizando sistemas solares fotovoltaicos integrados à rede de distribuição**. 2002. Disponível em:<
http://www.unisinos.br/_diversos/revistas/estudos_tecnologicos/index.php?e=1&s=9&a=34> Acesso em: 17 de agosto de 2020.

STEEVES, B. **A competição em segurança energética na transição hegemônica: a China, os Estados Unidos e a divergência na energia renovável**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. Dissertação de mestrado: Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

VANEK, F. M.; ALBRIGHT, L.D. **Energy Systems Engineering – Evaluation & Implementation**. Mc Graw Hill. United States of América, 2008.

SOUSA, C. P.; FRANCO, T. A. S. **PROJETO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL CONECTADO À REDE DE DISTRIBUIÇÃO**. UFPR. Curitiba, 2018.

ANEXOS

ANEXO "A" – Autorização da empresa e do proprietário para estudo de caso.



DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, **ALLAN MOURA RAMOS**, proprietário da empresa **A M RAMOS SERVIÇOS DE ENERGIA SOLAR** declaro que autorizo o aluno Murilo Silva Moura Junior graduando em Engenharia Civil do Centro Universitário Unidade de Ensino Dom Bosco (UNDB) o acesso e uso dos documentos necessários para elaboração de sua monografia: "**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**: estudo de viabilidade técnica e econômica de um Sistema de Painéis Fotovoltaicos em São Luís do Maranhão", que pretende realizar o estudo de viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia através de painéis fotovoltaicos em casa residências de São Luís, realizando as devidas comparações e pesquisas a respeito de desempenho, geração de energia e critérios econômicos sob orientação da professor Rogério José Belfort Freire .

São Luís, 30 de Abril de 2021

Allan Moura Ramos

Proprietário da **A M RAMOS SERVIÇOS DE ENERGIA SOLAR**

CNPJ: 32.177.498/0001-59



DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, **Osvaldo Fontenele de Brito**, proprietário da residência situada na **Rua Poção de Pedras, Número 11, Quadra 06, Bairro Quintas do Calhau** declaro que autorizo o aluno Murilo Silva Moura Junior graduando em Engenharia Civil do Centro Universitário Unidade de Ensino Dom Bosco (UNDB) o acesso e uso dos documentos necessários para elaboração de sua monografia: **"ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: estudo de viabilidade técnica e econômica de um Sistema de Painéis Fotovoltaicos em São Luís do Maranhão"**, que pretende realizar o estudo de viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia através de painéis fotovoltaicos em casa residências de São Luís, realizando as devidas comparações e pesquisas a respeito de desempenho, geração de energia e critérios econômicos sob orientação da professor Rogério José Belfort Freire .

São Luís, 30 de Abril de 2021

Osvaldo Fontenele de Brito

Proprietário da Residência em estudo

CPF: 660.189.560-12

ANEXO "B"- Contas de Energia e consumo de janeiro de 2019 até março de 2021


Equatorial Maranhão Distribuidora de Energia S.A.

 Alameda A. Qd 50 S, nº100, Loteamento Quilandinha, Albo do Calhau - São Luís - MA.
 CEP: 65.070-900 | Ins.: Estadual: 120.515.11-3 | CNPJ: 06.272.793/0001-84

OSVALDO FONTENELE DE BRITO
 R. POCAO PEDRA, 11 QD 6
 QUINTAS CALHAU 65010-000 SAO LUIS - MA
 CPF: 660.189.560-12

2ª Via

P 1/1

Conta de Energia Elétrica/Nota Fiscal | Série B 002379093

Nº da Fatura 0201912002379093 | CFOP: 5258/AA

Instalação 1090844

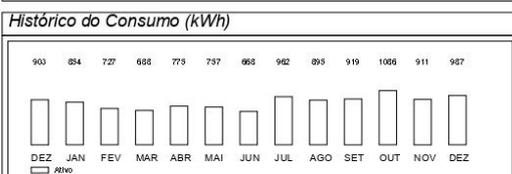
Conta do mês	Vencimento	Conta Contrato
12/2019	08/01/2020	1090844

Para atendimento, informe este número

Dados da Instalação	
Classificação: Residencial Pleno - TRIFÁSICO	Tensão Nominal (V): 220 V
Nº Parcela de Negócio: 1090844	Unidade de Leitura: SL18B093
Grupo e Subgrupo de Tensão: B/B1	Nº Medidor: 31010020592
Tipo de Tarifa: CONVENCIONAL MONÔMIA	Fator de Potência: 0,00

Datas		
Emissão	Apresentação	Previsão próxima leitura
30/12/2019	30/12/2019	29/01/2020

Informações do consumo do mês + Tarifa sem Tributos				
Constante	Data Leitura Anterior	Data Leitura Atual	Qtd.Dias	Resolução Aneel
1,00	29/11/2019	30/12/2019	31	2594/19
Canal de Leitura				
Leitura Anterior	Leitura Atual	Consumo	Tarifa sem Tributos	
35.033	36.020	987 kWh	0,630180	



Informações de tributos			Composição do Consumo (R\$)		
Base	Alíquota	Valor	Compra de Energia	Transmissão	Distribuição
Tributos de rateio	20,0000%	269,81	241,48	38,79	259,88
ICMS	0,0003%	4,37	Encargos Setoriais	Perda em Energia	Tributos
PIS	3,0414%	20,08	38,09	57,96	294,26
COFINS					43,34

Período Fiscal: 30/12/2019	Número do Programa Social
Reservado ao Fisco	
8E22.84E4.BF5A.3C55.5E56.1EF2.B042.9450	

Informações para o cliente

★ Fatura do mês 11/2019 arrecadada por débito automático. • Períodos: Band. Tarif.: Vermelha : 30/11 - 30/11 Amarela : 01/12 - 30/12

Demonstrativo do Faturamento			
FORNECIMENTO	QUANTIDADE	TARIFA	VALOR(R\$)
Consumo	987	0,630180	621,97
Adicional Band. Amarela			12,82
Adicional Band. Vermelha			1,32
ICMS			269,81
PIS			4,37
COFINS			20,08
ITENS FINANCEIROS			
Cip-Ilum Pub Pref Munic			43,34



Total a pagar:

R\$ 973,71

Reaviso de vencimento

Níveis de Tensão Fornecido		As regras para a cobrança da CIP de cada município atendido encontram-se na área de acesso público do site da Equatorial Maranhão.
Tensão Nominal/Volts	Faixa de valores para limites min e máx	
220	202 a 231	As informações sobre os atendimentos comerciais realizados para a sua Unidade Consumidora podem ser obtidas no site da Equatorial Maranhão.
330	330 a 399	
Clientes cujos indicadores padrões de continuidade tenham sido violados deverão receber uma compensação financeira através de crédito na conta de energia, conforme critérios definidos no módulo 08 do PROD/STANEEL.		As informações de apuração dos Indicadores de Continuidade e Limites Aplicáveis podem ser obtidas no site da Equatorial Maranhão: www.equatorialenergia.com.br .
Incidirão sobre a conta paga após o vencimento multa de 2%, juros de mora de 0,0333% ao dia (conforme a Lei 10438/02) e atualização monetária com base no IGP-M a serem incluídos na próxima fatura.		
Conforme Resolução Normativa Aneel 581/2013 Arts 7º e 8º é seu direito solicitar a qualquer tempo a Equatorial Maranhão o cancelamento de cobrança relativa de outros serviços cobrados na fatura, bem como a emissão da nova fatura sem a cobrança dos serviços cancelados. Ressalta-se que o fornecimento poderá ser suspenso caso os valores referentes aos serviços de distribuição de energia não sejam devidamente pagos.		
As informações sobre as condições de fornecimento, tarifas, produtos, serviços prestados, tributos e informações complementares encontram-se disponíveis para a consulta nas Agências de Atendimento e na área reservada ao consumidor no site da Equatorial Maranhão.		
Contrato Atendimento 116 Regiões de fronteira ou indisponíveis, ligue 0800.288.0195 www.equatorialenergia.com.br	Divisorio Equatorial Maranhão 0600.256.9405 Ligação gratuita de telefones fixos e móveis, de segunda a sexta, das 08h às 18h.	Agência Nacional de Energia ENELTA (ANEEL) 167 Ligação gratuita de telefones fixos e móveis.

CEMAR AGORA É EQUATORIAL MARANHÃO

MAIS ENERGIA PARA UM NOVO MOMENTO

Nome do Cliente: OSVALDO FONTENELE DE BRITO

C.C.: 1090844

Unidade de Leitura: SL18B093

Competência: 12/2019

Vencimento: 08/01/2020

Valor cobrado (R\$): 973,71

FATURA ARRECADADA - NÃO RECEBER


Equatorial Maranhão Distribuidora de Energia S.A.

 Alameda A. Qd 50 S, nº100, Loteamento Quilindinha, Albos do Calhau - São Luis - MA.
 CEP: 65.070-900 | Insc. Estadual: 120.515.11-3 | CNPJ: 06.272.793/0001-84

OSVALDO FONTENELE DE BRITO
 R. POCAO PEDRA, 11 QD 6
 QUINTAS CALHAU 65010-000 SAO LUIS - MA
 CPF: 660.189.560-12

2ª Via

P 1/1

Conta de Energia Elétrica/Nota Fiscal | Série B 002831503

Nº da Fatura 0202012002831503 | CFOP: 5258/AA

Instalação 1090844

Conta do mês	Vencimento	Conta Contrato
12/2020	13/01/2021	1090844

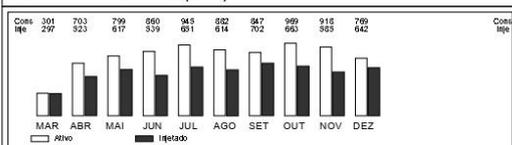
Para atendimento, informe este número

Dados da Instalação	
Classificação: Residencial Pleno - TRIFÁSICO	Tensão Nominal (V): 220 V
Nº Parcelo de Negócio: 1090844	Unidade de Leitura: SL18B093
Grupo e Subgrupo de Tensão: B/B1	Nº Medidor: 33650006660
Tipo de Tarifa: CONVENCIONAL MONÔMIA	
Fator de Potência: 0,00	

Datas		
Emissão	Apresentação	Previsão próxima leitura
30/12/2020	06/01/2021	28/01/2021

Informações do consumo do mês + Tarifa sem Tributos

Constante 1,00	Data Leitura Anterior 27/11/2020	Data Leitura Atual 30/12/2020	Qtd.Dias 33	Resolução Aneel 2758/20
Canal de Leitura				
	Leitura Anterior	Leitura Atual	Consumo	Tarifa sem Tributos
INJETADO TOTAL	3.191	3.633	642 kWh	0,628210
ATIVO TOTAL	7.224	7.993	769 kWh	0,628210

Histórico do Consumo (kWh)


Informações de tributos			Composição do Consumo (R\$)		
Base	Alíquota	Valor	Compra de Energia	Transmissão	Distribuição
Tributos	126,23	29,0000%	31,76	6,89	36,23
ICMS	89,82	0,5292%	Encargos Setoriais	Perda em Energia	Tributos
PIS	89,82	2,4374%	5,21	6,88	39,26
COFINS					34,45

Período Fiscal: 30/12/2020

Reservado ao Fisco
Informações para o cliente

D2C0.48C0.97C7.0C84.9BFA.FBAF.FA36.85C5

Número do Programa Social

Níveis de Tensão Fornecido

Tensão Nominal/Volts Faixa de valores para limites min e máx

 220 202 a 231
 330 330 a 399

Clientes cujos indicadores padrões de continuidade tenham sido violados deverão receber uma compensação financeira através de crédito na conta de energia, conforme critérios definidos no módulo 08 do PRODIST/ANEEL.

Incidirão sobre a conta paga após o vencimento multa de 2%, juros de mora de 0,0333% ao dia (conforme a Lei 10438/02) e atualização monetária com base no IGP-M a serem incluídos na próxima fatura.

Conforme Resolução Normativa Aneel 581/2013 Arts 7º e 8º é seu direito solicitar a qualquer tempo a Equatorial Maranhão o cancelamento de cobrança relativa de outros serviços cobrados na fatura, bem como a emissão de nova fatura sem a cobrança dos serviços cancelados. Ressalta-se que o fornecimento poderá ser suspenso caso os valores referentes aos serviços de distribuição de energia não sejam devidamente pagos.

As informações sobre as condições de fornecimento, tarifas, produtos, serviços prestados, tributos e informações complementares encontram-se disponíveis para a consulta nas Agências de Atendimento e na área reservada ao consumidor no site da Equatorial Maranhão.

Contrato de Atendimento 116 Regiões de fronteira ou indisponíveis, ligue 0800.256.9405 www.equatorialenergia.com.br

Divisões Equatorial Maranhão 0500.256.9405 Ligação gratuita de telefones fixos e móveis, de segunda a sexta, das 08h às 18h.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) 167 Ligação gratuita de telefones fixos e móveis.

Demonstrativo do Faturamento

FORNECIMENTO	QUANTIDADE	TARIFA	VALOR(R\$)
Consumo	127	0,628210	79,77
Consumo Isento	642	0,628210	403,30
Dev Geração - CC 1090844	642	0,628210	403,30
Adicional Band. Vermelha			7,20
ICMS			36,61
PIS			0,47
COFINS			2,18
ITENS FINANCEIROS			34,45
Cip-llum Pub Pref Munic			


Total a pagar:
R\$ 160,68
Reaviso de vencimento

CEMAR AGORA É
EQUATORIAL MARANHÃO

MAIS ENERGIA
PARA UM NOVO
MOMENTO

 Nome do Cliente:
OSVALDO FONTENELE DE BRITO

 C.C.:
1090844

 Unidade de Leitura:
SL18B093

 Competência:
12/2020

 Vencimento:
13/01/2021

 Valor cobrado (R\$):
160,68

FATURA ARRECADADA - NÃO RECEBER


Equatorial Maranhão Distribuidora de Energia S.A.

 Alameda A. Qd 50 S, nº100, Loteamento Quilândinha, Albos do Calhau - São Luís - MA.
 CEP: 65.070-900 | Ins. Estadual: 120.515.11-3 | CNPJ: 06.272.793/0001-84

OSVALDO FONTENELE DE BRITO
 R. POCAO PEDRA, 11 QD 6
 QUINTAS CALHAU 65010-000 SAO LUIS - MA
 CPF: 660.189.560-12

2ª Via

P 1/1

Conta de Energia Elétrica/Nota Fiscal | Série B 002616904

Nº da Fatura 0202103002616904 | CFOP: 5258/AA

Instalação 1090844

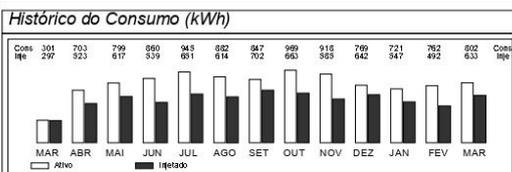
Conta do mês
03/2021Vencimento
13/04/2021Conta Contrato
1090844

Para atendimento, informe este número

Dados da Instalação	
Classificação: Residencial Pleno - TRIFÁSICO	Tensão Nominal (V): 220 V
Nº Parcela de Negócio: 1090844	Unidade de Leitura: SL18B093
Grupo e Subgrupo de Tensão: B/B1	Nº Medidor: 33650006660
Tipo de Tarifa: CONVENCIONAL MONÔMIA	Fator de Potência: 0,00

Datas		
Emissão	Apresentação	Previsão próxima leitura
30/03/2021	06/04/2021	29/04/2021

Informações do consumo do mês + Tarifa sem Tributos				
Constante	Data Leitura Anterior	Data Leitura Atual	Qtd. Dias	Resolução Aneel
1,00	26/02/2021	30/03/2021	32	2758/20
Canal de Leitura				
Leitura Anterior	Leitura Atual	Consumo	Tarifa sem Tributos	
INJETADO TOTAL 6.872	7.505	633 kWh	0,62210	
ATIVO TOTAL 9.476	10.276	802 kWh	0,62210	



Informações de tributos			Composição do Consumo (R\$)		
Base	Alíquota	Valor	Compra de Energia	Transmissão	Distribuição
Tributos 158,53	29,0000%	45,97	34,94	9,17	48,22
ICMS 112,56	0,8548%	0,75	Encargos Setoriais 6,94	Perda em Energia 9,15	Tributos 50,11
PIS 112,56	3,0160%	3,39	Outros 36,12		

Período Fiscal: 30/03/2021	Número do Programa Social
Reservado ao Fisco	
4034.B233.81D7.5728.835A.A95A.13FC.627C	

Informações para o cliente

★ Fatura do mês 02/2021 arrecadada por débito automático. ★ Períodos: Band. Tarif.: Amarela - 27/02 - 30/03. ★ O montante da devolução é resultado da multiplicação do CONSUMO COMPENSADO pela minimigeração (633 kWh) pela tarifa. Proporcionalizada, quando for o caso. ★ Demonstrativos de Saldo em kWh referente a Mini e Micro Geração, conforme REN N° 482/2012.

Demonstrativo do Faturamento			
FORNECIMENTO	QUANTIDADE	TARIFA	VALOR (R\$)
Consumo	169	0,628210	106,16
Consumo Isento	633	0,628210	397,65
Dev Geração - CC 1090844	633	0,628210	397,65-
Adicional Band. Amarela			2,26
ICMS			45,97
PIS			0,75
COFINS			3,39
ITENS FINANCEIROS			36,66
Cip-llum Pub Pref Munic			0,54-
Crédito DTC/DMIC 01/2021			



Total a pagar:

R\$ 194,65

Reaviso de vencimento

Níveis de Tensão Fornecido

Tensão Nominal/Volts	Faixa de valores para limites min e máx
220	202 a 231
330	330 a 399

Clientes cujos indicadores padrões de continuidade tenham sido violados deverão receber uma compensação financeira através de crédito na conta de energia, conforme critérios definidos no módulo 08 do PRODIST/ANEEL.

As regras para a cobrança da CIP de cada município atendido encontram-se na área de acesso público do site da Equatorial Maranhão.

As informações sobre os atendimentos comerciais realizados para a sua Unidade Consumidora podem ser obtidas no site da Equatorial Maranhão.

As informações de apuração dos Indicadores de Continuidade e Limites Aplicáveis podem ser obtidas no site da Equatorial Maranhão: www.equatorialenergia.com.br.

Incidirão sobre a conta paga após o vencimento multa de 2%, juros de mora de 0,0333% ao dia (conforme a Lei 10438/02) e atualização monetária com base no IGP-M a serem incluídos na próxima fatura.

Conforme Resolução Normativa Aneel 581/2013 Arts 7º e 8º é seu direito solicitar a qualquer tempo a Equatorial Maranhão o cancelamento de cobrança relativa de outros serviços cobrados na fatura, bem como a emissão de nova fatura sem a cobrança dos serviços cancelados. Ressalta-se que o fornecimento poderá ser suspenso caso os valores referentes aos serviços de distribuição de energia não sejam devidamente pagos.

As informações sobre as condições de fornecimento, tarifas, produtos, serviços prestados, tributos e informações complementares encontram-se disponíveis para a consulta nas Agências de Atendimento e na área reservada ao consumidor no site da Equatorial Maranhão.

Contrato de Atendimento 116
Regiões de fronteira ou indisponíveis,
ligue 0800.288.0195
www.equatorialenergia.com.br

Divisões Equatorial Maranhão
0600.255.9405
Ligação gratuita de telefones
fixos e móveis, de segunda a
sexta, das 08h às 18h.

Agência Nacional de Energia
ELETRO (ANEEL) 167
Ligação gratuita de telefones
fixos e móveis.

CEMAR AGORA É EQUATORIAL MARANHÃO

MAIS ENERGIA PARA UM NOVO MOMENTO

Nome do Cliente:
OSVALDO FONTENELE DE BRITOC.C.:
1090844Unidade de Leitura:
SL18B093Competência:
03/2021Vencimento:
13/04/2021Valor cobrado (R\$):
194,65

FATURA ARRECADADA - NÃO RECEBER

APÊNDICES

APÊNDICE - Gráficos e tabelas feitos pelo autor oriundos da análise das contas de luz da residência supracitada.

Tabela 2 - Custo de investimento em sistemas fotovoltaicos – referência no Brasil (R\$/Wp)

Potência	Painéis	Inversores	Instalação e Montagem	Total
Residencial (4-6 KWp)	R\$ 15,42	R\$ 3,95	R\$ 4,83	R\$ 24,2
Residencial (8-10 KWp)	R\$ 13,97	R\$ 3,44	R\$ 4,36	R\$ 21,77
Comercial (100 KWp)	R\$ 12,01	R\$ 2,90	R\$ 3,73	R\$ 18,64
Industrial (1000 KWp)	R\$ 11,06	R\$ 2,08	R\$ 3,28	R\$ 16,42

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 22 – Vista frontal da residência



Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 3 - Eletrodomésticos

Equipamentos	Quantidade
Chuveiro Elétrico	5
Ar Condicionado	5
Micro-ondas	1
Geladeira	1
Freezer	2
Bomba	1
Compressor (piscina)	1
Iluminação	Led
Televisores	5
Computadores	1
Notebooks	3

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 4 – Consumos e valor em real das contas de energia relativas do período de 03/19 a 02/20

Mês	Consumo	Total
	(kWh)	Conta
mar/19	688	R\$ 720,22
abr/19	775	R\$ 811,94
mai/19	757	R\$ 805,06
jun/19	668	R\$ 700,47
jul/19	962	R\$ 1.022,61
ago/19	895	R\$ 971,70
set/19	919	R\$ 930,74
out/19	1086	R\$ 1.062,45
nov/19	1246	R\$ 1.286,28
dez/19	987	R\$ 973,71
jan/20	756	R\$ 738,35
fev/20	843	R\$ 827,75

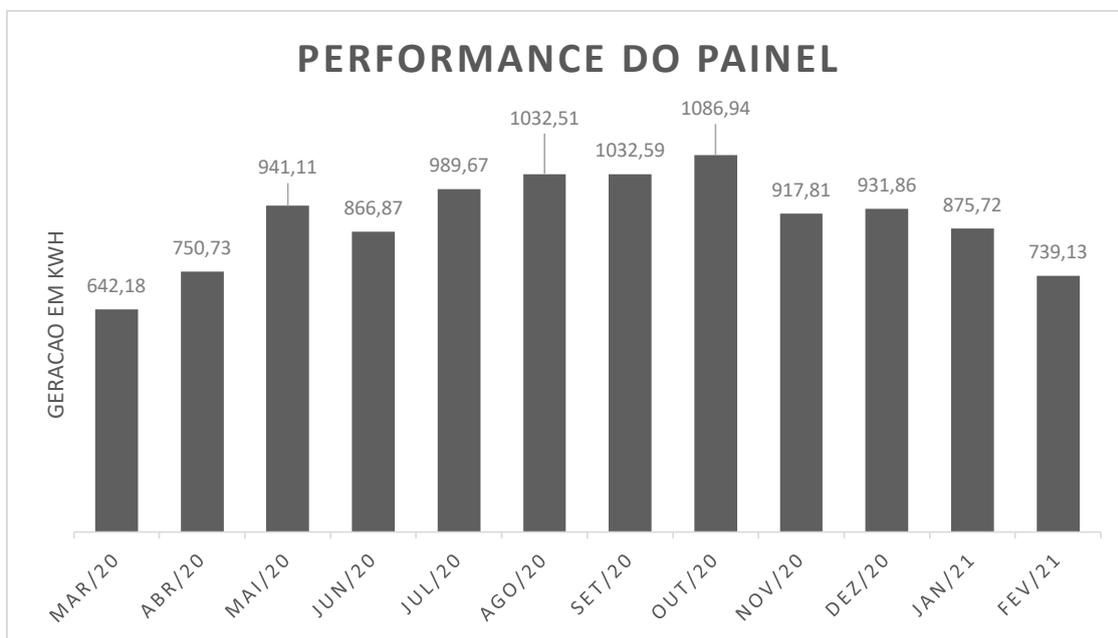
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 24 - Vista das placas fotovoltaicas no telhado da casa

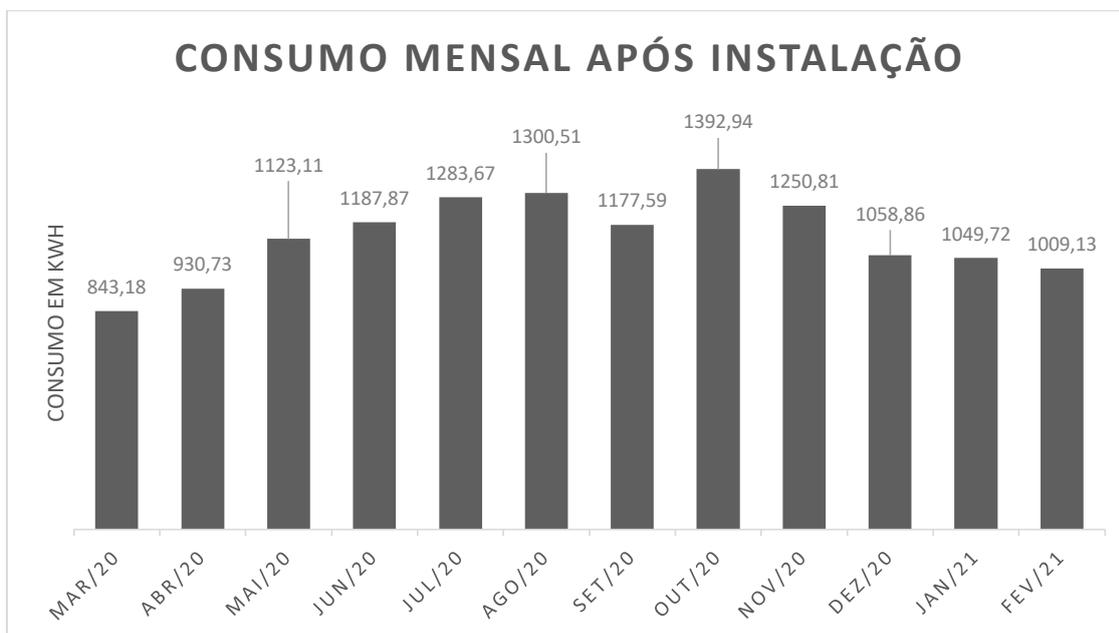


Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 25 – Gráfico de performance de painel do período de março de 2020 a fevereiro de 2021



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 26 – Consumo mensal após instalação do painel fotovoltaico

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 06 – Valores das contas de energia de abril de 2020 a fevereiro de 2021

Mês	Total Conta
	(R\$)
mar/20	R\$ 194,55
abr/20	R\$ 196,65
mai/20	R\$ 199,74
jun/20	R\$ 328,81
jul/20	R\$ 316,39
ago/20	R\$ 297,02
set/20	R\$ 170,80
out/20	R\$ 327,66
nov/20	R\$ 346,49
dez/20	R\$ 160,68
jan/21	R\$ 193,48
fev/21	R\$ 284,36

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 07 – Panorama geral de março de 2020 até fevereiro de 2021

Mês	Injetado	Produção Painel	Consumo Imediato	Consumo da Rede	Consumo Total	Valor Final	Valor kWh
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(R\$)	(R\$)
mar/20	516	642,18	126,18	717	843,18	194,55	0,23
abr/20	523	750,73	227,73	703	930,73	196,65	0,21
mai/20	617	941,11	324,11	799	1123,11	199,74	0,18
jun/20	539	866,87	327,87	860	1187,87	328,81	0,28
jul/20	651	989,67	338,67	945	1283,67	316,39	0,25
ago/20	614	1032,51	418,51	882	1300,51	297,02	0,23
set/20	702	1032,59	330,59	847	1177,59	170,80	0,15
out/20	663	1086,94	423,94	969	1392,94	327,66	0,24
nov/20	585	917,81	332,81	918	1250,81	346,49	0,28
dez/20	642	931,86	289,86	769	1058,86	160,68	0,15
jan/21	547	875,72	328,72	721	1049,72	193,48	0,18
fev/21	492	739,13	247,13	762	1009,13	284,36	0,28
Soma	7091	10807,12	3716,12	9892	13608,12	3.016,63	-
Média	590,92	900,59	309,68	824,33	1134,01	251,39	0,22

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 08 – Reajustes anuais na tarifa energética

Reajustes Anuais Equatorial	
2015	11,93%
2016	8,24%
2017	12,88%
2018	16,94%
2019	3,82%
2020	-0,01%
2021	5,59%
Média	8,48%

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 09 – Valores estimados de tarifas em 10 anos

Ano	Tarifa Estimada
2020	R\$ 1,03
2021	R\$ 1,12
2022	R\$ 1,21
2023	R\$ 1,32
2024	R\$ 1,43
2025	R\$ 1,55
2026	R\$ 1,68
2027	R\$ 1,82
2028	R\$ 1,98
2029	R\$ 2,14
2030	R\$ 2,33

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 10 – Valores estimados de Consumo e Produção nos próximos 10 anos

Ano	Consumo Total (KWH)	Produção Painel (KWH)
2020	13608,12	10807,08
2021	13880,28	10731,43
2022	14157,89	10656,31
2023	14441,05	10581,72
2024	14729,87	10507,64
2025	15024,46	10434,09
2026	15324,95	10361,05
2027	15631,45	10288,52
2028	15944,08	10216,51
2029	16262,96	10144,99
2030	16588,22	10073,97

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 11 – Valores estimados das Contas de Energia com e sem sistema e a diferença de valores entre elas

Ano	Valor estimado da conta sem sistema fotovoltaico	Valor da conta com sistema fotovoltaico	Economia anual
2020	R\$ 14.622,45	R\$ 3.016,63	R\$ 11.605,82
2021	R\$ 16.179,68	R\$ 3.187,56	R\$ 12.992,12
2022	R\$ 17.902,75	R\$ 3.527,03	R\$ 14.375,72
2023	R\$ 19.809,32	R\$ 3.902,64	R\$ 15.906,68
2024	R\$ 21.918,94	R\$ 4.318,26	R\$ 17.600,68
2025	R\$ 24.253,22	R\$ 4.778,13	R\$ 19.475,08
2026	R\$ 26.836,09	R\$ 5.286,99	R\$ 21.549,10
2027	R\$ 29.694,02	R\$ 5.850,03	R\$ 23.843,99
2028	R\$ 32.856,32	R\$ 6.473,03	R\$ 26.383,28
2029	R\$ 36.355,38	R\$ 7.162,39	R\$ 29.193,00
2030	R\$ 40.227,09	R\$ 7.925,15	R\$ 32.301,93

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 12 – Valores estimados das diferenças no custo com e sem sistema fotovoltaico

Ano	Valor da conta com sistema fotovoltaico	Valor pago do financiamento	Custo de aquisição de energia	Valor da conta sem sistema fotovoltaico	Diferença
2020	R\$ 3.016,63	R\$ 21.024,44	R\$ 24.041,07	R\$ 14.622,45	-R\$ 9.418,62
2021	R\$ 3.187,56	R\$ 13.024,44	R\$ 16.212,00	R\$ 16.179,68	-R\$ 32,32
2022	R\$ 3.527,03	R\$ -	R\$ 3.527,03	R\$ 17.902,75	R\$ 14.375,72
2023	R\$ 3.902,64	R\$ -	R\$ 3.902,64	R\$ 19.809,32	R\$ 15.906,68
2024	R\$ 4.318,26	R\$ -	R\$ 4.318,26	R\$ 21.918,94	R\$ 17.600,68
2025	R\$ 4.778,13	R\$ -	R\$ 4.778,13	R\$ 24.253,22	R\$ 19.475,08
2026	R\$ 5.286,99	R\$ -	R\$ 5.286,99	R\$ 26.836,09	R\$ 21.549,10
2027	R\$ 5.850,03	R\$ -	R\$ 5.850,03	R\$ 29.694,02	R\$ 23.843,99
2028	R\$ 6.473,03	R\$ -	R\$ 6.473,03	R\$ 32.856,32	R\$ 26.383,28
2029	R\$ 7.162,39	R\$ -	R\$ 7.162,39	R\$ 36.355,38	R\$ 29.193,00
2030	R\$ 7.925,15	R\$ -	R\$ 7.925,15	R\$ 40.227,09	R\$ 32.301,93

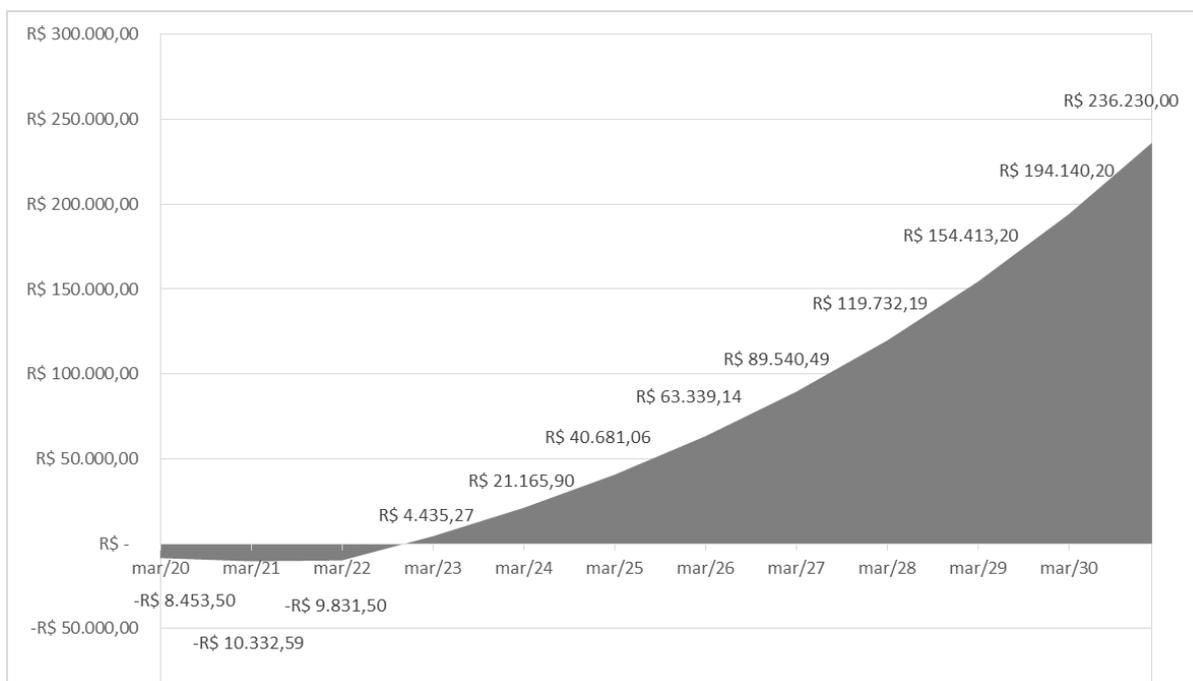
Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 13 – Valores mês a mês com correção monetária

Mês	Custo de aquisição de energia	Valor da conta sem sistema fotovoltaico	Diferença	Saldo acumulado mensal com correção
mar/20	R\$ 9.279,92	R\$ 868,48	-R\$ 8.411,44	-R\$ 8.453,50
abr/20	R\$ 1.282,02	R\$ 958,65	-R\$ 323,37	-R\$ 8.819,14
mai/20	R\$ 1.285,11	R\$ 1.156,80	-R\$ 128,31	-R\$ 8.991,54
jun/20	R\$ 1.414,18	R\$ 1.223,51	-R\$ 190,67	-R\$ 9.227,17
jul/20	R\$ 1.401,76	R\$ 1.322,18	-R\$ 79,58	-R\$ 9.352,89
ago/20	R\$ 1.382,39	R\$ 1.339,53	-R\$ 42,86	-R\$ 9.442,52
set/20	R\$ 1.256,17	R\$ 1.315,77	R\$ 59,60	-R\$ 9.430,13
out/20	R\$ 1.413,03	R\$ 1.556,39	R\$ 143,36	-R\$ 9.333,91
nov/20	R\$ 1.431,86	R\$ 1.397,59	-R\$ 34,27	-R\$ 9.414,86
dez/20	R\$ 1.246,05	R\$ 1.183,11	-R\$ 62,94	-R\$ 9.524,87
jan/21	R\$ 1.278,85	R\$ 1.172,90	-R\$ 105,95	-R\$ 9.678,45
fev/21	R\$ 1.369,73	R\$ 1.127,55	-R\$ 242,18	-R\$ 9.969,02
mar/21	R\$ 1.274,69	R\$ 960,96	-R\$ 313,73	-R\$ 10.332,59
abr/21	R\$ 1.294,35	R\$ 1.060,74	-R\$ 233,60	-R\$ 10.617,86
mai/21	R\$ 1.337,54	R\$ 1.280,00	-R\$ 57,54	-R\$ 10.728,49
jun/21	R\$ 1.352,08	R\$ 1.353,80	R\$ 1,72	-R\$ 10.780,42
jul/21	R\$ 1.373,59	R\$ 1.462,99	R\$ 89,39	-R\$ 10.744,92
ago/21	R\$ 1.377,37	R\$ 1.482,18	R\$ 104,80	-R\$ 10.693,84
set/21	R\$ 1.372,20	R\$ 1.455,90	R\$ 83,70	-R\$ 10.663,61
out/21	R\$ 1.424,65	R\$ 1.722,14	R\$ 297,49	-R\$ 10.419,44
nov/21	R\$ 1.390,03	R\$ 1.546,42	R\$ 156,39	-R\$ 10.315,14
dez/21	R\$ 1.343,28	R\$ 1.309,11	-R\$ 34,17	-R\$ 10.400,89
jan/22	R\$ 1.341,05	R\$ 1.297,81	-R\$ 43,24	-R\$ 10.496,14
fev/22	R\$ 1.331,16	R\$ 1.247,62	-R\$ 83,54	-R\$ 10.632,16
mar/22	R\$ 209,48	R\$ 1.063,30	R\$ 853,82	-R\$ 9.831,50
abr/22	R\$ 231,23	R\$ 1.173,71	R\$ 942,48	-R\$ 8.938,18
mai/22	R\$ 279,03	R\$ 1.416,31	R\$ 1.137,28	-R\$ 7.845,59
jun/22	R\$ 295,12	R\$ 1.497,98	R\$ 1.202,86	-R\$ 6.681,95
jul/22	R\$ 318,92	R\$ 1.618,79	R\$ 1.299,87	-R\$ 5.415,49
ago/22	R\$ 323,10	R\$ 1.640,03	R\$ 1.316,92	-R\$ 4.125,65
set/22	R\$ 317,37	R\$ 1.610,94	R\$ 1.293,57	-R\$ 2.852,70
out/22	R\$ 375,41	R\$ 1.905,54	R\$ 1.530,13	-R\$ 1.336,83
nov/22	R\$ 337,11	R\$ 1.711,11	R\$ 1.374,00	R\$ 30,49
dez/22	R\$ 285,37	R\$ 1.448,52	R\$ 1.163,15	R\$ 1.193,79
jan/23	R\$ 282,91	R\$ 1.436,02	R\$ 1.153,11	R\$ 2.352,86
fev/23	R\$ 271,97	R\$ 1.380,49	R\$ 1.108,52	R\$ 3.473,15

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 27 – Curva de economia do sistema ao longo de 10 anos



Fonte: Autoria própria (2021)