



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DE RECURSOS
NATURAIS

ANDERSON ÍTALO FREIRE

**ESTUDO SOBRE O IMPACTO ECONÔMICO DA UTILIZAÇÃO DAS PLACAS
SOLARES EM REDE DOMÉSTICA DE CAMPINA GRANDE – PB.**

CAMPINA GRANDE - PB

2024

Anderson Italo Freire

**ESTUDO SOBRE O IMPACTO ECONÔMICO DA UTILIZAÇÃO DAS
PLACAS SOLARES EM REDE DOMÉSTICA DE CAMPINA GRANDE – PB.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte integrante dos requisitos para a conclusão do mestrado.

Área de Concentração: Gestão dos Recursos Naturais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Isabel Lausanne Fontgalland.

CAMPINA GRANDE – PB

2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA E GESTAO DE RECURSOS NATURAIS
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata da Terceira sessão pública de Defesa de **Dissertação** do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – PPGEGRN do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Ao Nove dia do mês de Fevereiro de 2024, às **14:30** horas, **de forma Híbrida**, reuniu-se na forma e Termos do Art. 62 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós-Graduação “Stricto Sensu” da UFCG e do Regulamento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Resolução 02/2019 do Colegiado Pleno do Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão – CONSEPE/UFCG, a Banca Examinadora composta pelos professores/pesquisadores Prof.(a) Dr.(a) **Isabel Lausanne Fontgalland**, como orientador(a) principal; Prof.(a.) Dr.(a.) **Ênio Pereira de Souza/PPGEGRN/UFCG** como membro interno; Prof.(a.) Dr.(a) **Marta Lúcia Souza/UAEF/UFCG**, como membro externo, a qual foi constituída pela Portaria **PPGEGRN 03/2024** da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, juntamente com **Sr. Anderson Italo Freire** candidato(a) ao Grau de **Mestre** em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais. Abertos os trabalhos, a Senhora Presidente da Banca Examinadora, Prof.(a.) Dr.(a). **Isabel Lausanne Fontgalland**, anunciou que a sessão tinha a finalidade de julgamento da apresentação e de defesa da **Dissertação** sob o título: **"ESTUDO SOBRE O IMPACTO ECONÔMICO DA UTILIZAÇÃO DAS PLACAS SOLARES EM REDE DOMÉSTICA DE CAMPINA GRANDE – PB."** Área de Concentração: **Gestão de Recursos Naturais**, orientada pelo(a) Professor(a) Dra. **Isabel Lausanne Fontgalland**. A presidente concedeu à palavra o(a) candidato(a) para, no prazo de tempo estipulado, efetuar a apresentação de seu trabalho. Concluída a exposição do candidato, o Presidente iniciou a segunda etapa do processo de defesa passando a palavra a cada membro da Banca Examinadora para as devidas considerações, correções e arguição do(a) candidato(a). Em seguida, a Banca Examinadora solicitou a saída dos presentes para, em sessão secreta, avaliar a apresentação e defesa. Após chegar a uma decisão final, a Banca Examinadora solicitou o retorno da Assembléia e anunciou, de conformidade com o que estabelece o Art. 57 do Regulamento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, o Conceito **APROVADO** o qual sera atribuído após

O candidato, no prazo máximo de 30 dias, entregar o exemplar final. Nada mais havendo a tratar pelo Coordenador, pelo candidato e pelos membros da Banca Examinadora.

Campina Grande,
09 de Fevereiro de 2024.

Assinaturas:

Coordenadora do PPGEGRN Profa. Dra. Maria de Fatima Martins

Candidato(a) ___ Anderson Italo Freire _____

Presidente ___ Profa. Dra. ___ Isabel Lausanne
Fontgalland _____

Examinador ___ Prof. Dr. Enio Souza _____

Examinador _____ Profa. Dra. Marta Lucia
Sousa _____



Documento assinado eletronicamente por **ISABEL LAUSANNE FONTGALLAND, PROFESSOR**, em 19/02/2024, às 16:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ENIO PEREIRA DE SOUZA, PROFESSOR**, em 21/02/2024, às 07:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARTA LUCIA SOUSA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 21/02/2024, às 08:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIA DE FATIMA MARTINS, COORDENADORA DE PÓS GRADUAÇÃO**, em 27/02/2024, às 17:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **4171802** e o código CRC **7329FE85**.

Referência: Processo nº 23096.004117/2024-21

SEI nº 4171802

F866

Freire, Anderson Ítalo.

Estudo sobre o impacto econômico da utilização das placas solares em rede doméstica de Campina Grande - PB / Anderson Ítalo Freire – Campina Grande, 2024.

77 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Profa. Dra. Isabel Lausanne Fontgalland."

Referências.

1. Gestão dos Recursos Naturais. 2. Economia da Energia. 3. Placas Fotovoltaicas. 4. Campina Grande. I. Fontgalland, Isabel Lausanne. II. Título.

CDU 620.92(043)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema simples de geração fotovoltaica Grid-tie -----	20
Figura 2 – Mapa Solarimétrico do Brasil -----	36
Figura 3 – Mapa de latitudes e radiação solar -----	37
Figura 4 – Mapa delimitado de pesquisa da cidade de Campina Grande -----	42
Figura 5 – Esquematização do fluxo investigativo dessa pesquisa -----	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais modelos de placas solares fotovoltaicas no mercado Brasileiro --	19
Tabela 2 – Distribuição das respostas retornadas aos formulários enviados -----	46
Tabela 3 – Dados globais de consumo elétrico na cidade de Campina Grande -----	47
Tabela 4 – Distribuição das respostas de acordo com a faixa de consumo elétrico mensal -----	48
Tabela 5 – Dados segmentados por região da cidade de Campina Grande -----	49
Tabela 6 – Aspectos financeiros no consumo elétrico de Campina Grande -----	51
Tabela 7 – Projeção do montante pago sobre o consumo de eletricidade em Campina Grande -----	53
Tabela 8 – Variação da geração fotovoltaica em função dos meses e quantidade de placas -----	55
Tabela 9 – Consumo versus Produção de eletricidade mediante quantitativo de placas solares -----	56
Tabela 10 – Projeção de consumo e geração considerando simultaneidade -----	58
Tabela 11 – Valor da fatura de eletricidade com a utilização de placas fotovoltaicas -	59
Tabela 12 – Excedente efetivo na hipótese de 10% das UC com placas solares -----	60
Tabela 13 – Aspectos globais da utilização de placas solares em 10% das UCs -----	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Composição da matriz elétrica do Brasil em renováveis x fósseis -----	24
Gráfico 2 – Evolução da geração de energia solar, em GW, de 2012 a 2020 -----	26
Gráfico 3 – Média de consumo anual de energia elétrica por faixas – kWh -----	49
Gráfico 4 – Projeção do quantitativo de residências por faixas de consumo elétrico --	50
Gráfico 5 – Projeção do uso de placas por faixas de consumo -----	57
Gráfico 6 – Estimação de valores pagos à concessionária de energia elétrica -----	61
Gráfico 7 – Comparativo econômico com 10% das UC com placas solares -----	62

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- EPE – Empresa de Pesquisa Elétrica
- FD – Faixa de déficit
- FP – Faixa produtiva
- GSA – Global Solar Atlas (Atlas Solar Global)
- GGOS – Global Geodetic Observing System (Sistema de Observação Geodético Global)
- GW – Gigawatt
- HDS – Horas diárias de sol
- IEA – International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- kWh/m² – Kilowatt-hora por metro quadrado
- kWh – Kilowatt-hora
- kW – Kilowatt
- MC – Média de Consumo
- MWh – Megawatt-hora
- MW – Megawatt
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
- PERS – Programa de Energia Renovável Social
- SCEE – Sistema de Compensação de Energia Elétrica
- SIN – Sistema Interligado Nacional
- TE – Tarifa de Energia
- TUSD – Tarifa de utilização do sistema de distribuição
- TWh – Terawatt-hora.
- UC – Unidades Consumidoras
- ΔHDS – Variação de horas diárias de sol

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos geralmente aparecem no fim de uma jornada, em momentos que as palavras doces são utilizadas para agradecer aos que estiveram presentes e que, de alguma maneira, ajudaram no percurso até o fim da batalha. Ainda assim, na vida acadêmica, a jornada nunca acaba quando nós pensamos que ela acabou, pois na jornada acadêmica a vida é incessante e se estende até o dia em que outros assumem o nosso posto e dão continuidade àquilo que começamos, ou até mesmo daquilo que nós herdamos de outros pesquisadores.

Agradeço à Universidade Federal de Campina Grande, instituição ao qual pertenço quase ininterruptamente desde o ano de 2016, como também ao programa de pós-graduação pela jornada proporcionada até então e pela oportunidade de ter recebido bolsa para que pudesse desempenhar as minhas atividades e apresentar o melhor de mim durante os dois anos do mestrado, agradecimento que se estende aos professores que me ofertaram conhecimento em todos os momentos desde a primeira semana de aula até o fim.

Agradeço imensamente e de todo coração à Professora Isabel Fontgalland por ter aberto as portas da pós-graduação para mim, foi de fundamental importância a sua ajuda nesse processo desde o primeiro momento até então. Neste caminho, também agradeço aos professores que se dispuseram a avaliar não somente a mim, mas também ao que fora e continua sendo produzido nesta pesquisa. Agradeço à minha família por sempre ter me dado um apoio incondicional nas minhas escolhas e na minha vida acadêmica, isso fez total diferença nos caminhos que trilhei e nas aventuras que embarquei ao longo do tempo.

*Há sem dúvida quem ame o
infinito,*

*Há sem dúvida quem deseje o
impossível,*

*Há sem dúvida quem não
queira nada —*

*Três tipos de idealistas, e eu
nenhum deles:*

*Porque eu amo infinitamente
o finito,*

*Porque eu desejo
impossivelmente o possível,*

*Porque quero tudo, ou um
pouco mais, se puder ser; ou
até se não puder ser...*

-- Fernando Pessoa

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	16
2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DAS PLACAS FOTVOLTAICAS	17
2.1 Breve retrospecto sobre painéis fotovoltaicos e o modelo Grid-tie	18
3 PANORAMA GENÉRICO DO CONSUMO E PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR	21
3.1 Matriz Elétrica do Brasil	22
3.2 Características do setor solar no Brasil	26
3.3 Regulações e Normativas	28
4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E COMPORTAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO	30
5 FATORES GEOMETEOROLÓGICOS NA GERAÇÃO SOLAR	35
6 METODOLOGIA	40
6.1 Métodos desta pesquisa	40
6.2 Área de estudo	41
6.3 Coleta de dados	42
7 O POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR DE CAMPINA GRANDE	45
8 O PERFIL DO CONSUMO ELÉTRICO DE CAMPINA GRANDE	46
9 O FATOR ECONÔMICO NO IMPLEMENTO DE PLACAS SOLARES FOTVOLTAICAS	55
10 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICES	73

RESUMO

O objetivo desta pesquisa repousa na análise da resultância do implemento de placas solares fotovoltaicas em sistema Grid-Tie, tendo por base os efeitos econômicos e financeiros na rede doméstica da cidade de Campina Grande. Sendo esta pesquisa um estudo exploratório, tendo seu enquadramento analítico de cunho descritivo quantitativo, o seu respaldo teórico e legal funda-se na utilização da energia elétrica como um elemento imprescindível, tal qual na maneira como essa energia elétrica é produzida. Além disto, observa-se que as discussões que vão dos modelos de placas e conversores até sobre como essa nova fonte alternativa pode afetar a produção de energia nas fontes tradicionais e como a produção própria pode afetar o bolso do consumidor se elevam diariamente são constantes. É baseado nessas discussões que se encontra a justificativa e a relevância da temática, uma vez que novos meios de produção de energia solar surgem com certa frequência nos mais diversos aspectos. Para a consecução desta pesquisa, busca-se responder *como a utilização de placas solares fotovoltaicas impacta economicamente os consumidores residenciais, tendo por base uma amostra de consumo elétrico residencial e em um recorte temporal de 12 meses móveis*, para isso, a investigação de materiais técnicos, pesquisas passadas, e a aplicação de formulários para obtenção de dados serão utilizados como ferramentas de trabalho. Esta pesquisa secciona-se em dez seções maiores e nove subseções, o fluxo de pesquisa direciona os resultados para um melhor entendimento da temática e dos seus aspectos subjacentes.

Palavras-Chave: Economia da Energia, Placas Fotovoltaicas, Campina Grande.

ABSTRACT

The objective of this research rests on the analysis of the result of the implementation of photovoltaic solar panels in a Grid-Tie system, based on the economic and financial effects on the domestic network of the city of Campina Grande. Since this research is an exploratory study, having its analytical framework of a quantitative and qualitative descriptive nature, its theoretical and legal support is based on the use of electrical energy as an essential element, as in the way this electrical energy is produced. In addition, it is observed that discussions ranging from models of plates and converters to how this new alternative source can affect energy production in traditional sources and how own production can affect the consumer's pocket, are rising daily. It is based on these discussions that the justification and relevance of the theme is found, since new means of solar energy production appear with a certain frequency in the most diverse aspects. In order to carry out this research, it seeks to answer how the use of photovoltaic solar panels economically impacts residential consumers, based on a sample of residential electricity consumption and on a time frame of 12 mobile months, for this, the investigation of technical materials, past surveys, and the application of forms to obtain data will be used as work tools. This research is divided into ten major sections and nine subsections, the research flow directs the results towards a better understanding of the theme and its underlying aspects.

Keywords: Energy Economy, Photovoltaic Panels, Campina Grande.

INTRODUÇÃO

Atualmente, no cenário energético em que todos os países se encontram, as mais diversas modalidades de produção de energia elétrica, que sejam caracteristicamente diferentes dos modelos tradicionais como petróleo e carvão, estão sendo adotadas largamente. Na observância das fontes alternativas, a energia solar se sobressai às fontes que tradicionalmente predominam na sociedade. No passado, a energia solar era usada como fonte de calor para diversos fins, como secar alimentos, aquecer casas e produzir sal a partir da água do mar. Fornos solares movidos a energia solar também eram usados para assar pães, aquecer alimentos cozidos e secar tecidos. Destarte, a utilização da energia solar cresceu substancialmente nos mais diversos sentidos, tanto que, de acordo com a International Energy Agency, IEA (2021) há uma expectativa de que a produção de energia solar atinja 200 GW até 2026, ultrapassando os 161 GW de 2021.

O consumo de eletricidade em todo o mundo varia muito, dependendo da região e do desenvolvimento econômico da área. Em 2020, o consumo total de eletricidade no mundo foi de aproximadamente 25 mil TWh (IEA, 2023). O maior consumidor de eletricidade foi a China, respondendo por mais de 23% do consumo total de eletricidade do mundo. Os Estados Unidos, Índia e Rússia foram os próximos maiores consumidores, respondendo por 15%, 6% e 5%, respectivamente (IEA, 2023). Em termos de consumo de eletricidade per capita, os Estados Unidos foram os mais altos, consumindo mais de 12,7 MWh por pessoa em 2021 (IEA, 2023). Outros países com alto consumo de eletricidade per capita incluem Canadá, França, Alemanha e Austrália, por outro lado, alguns dos menores consumidores de eletricidade per capita foram Afeganistão, Etiópia e Haiti, que consumiram menos de 200 kWh por pessoa em 2019. (IEA, 2023).

O consumo de energia elétrica é consideravelmente alto no Brasil, segundo a Empresa de Pesquisa Energética, EPE (2021), as mais 74 milhões de unidades consumidoras domésticas consumiram cerca de 148 mil GW de energia em 2020. O perfil consumidor Brasileiro tem características marcantes, dado que o maior número de consumidores de energia elétrica é de rede doméstica, o que explicita a conveniência para a instalação de painéis solares com objetivo de reduzir custos em energia elétrica dos consumidores, além de reduzir a necessidade de produção de energia elétrica de outras fontes como hidráulica e termelétrica.

Em ordem de observância do consumo de eletricidade no mundo, nota-se que os meios de produção de eletricidade das fontes renováveis estão ganhando espaço nas matrizes elétricas

de diversas nações, e dentre as fontes renováveis, a eletricidade solar fotovoltaica está se tornando cada vez mais popular em todo o mundo, com a tecnologia usada para gerar eletricidade a partir da radiação solar se tornando mais eficiente e econômica. A energia solar está sendo usada para alimentar residências, empresas, escolas e prédios públicos em muitos países, incluindo EUA, China, Índia, Alemanha, Japão e Austrália. Nos EUA, a energia solar é a fonte de eletricidade que mais cresce e, atualmente, responde por cerca de 2% da geração total de eletricidade (IEA, 2023). A Califórnia lidera com mais de 20.000 megawatts de capacidade solar instalada, enquanto a China é o maior produtor mundial de energia solar, com uma capacidade estimada de 100 gigawatts, a Índia é o segundo maior produtor de energia solar e tem uma capacidade instalada estimada em 20 gigawatts, a Alemanha é o terceiro maior produtor mundial de energia solar, com uma capacidade instalada estimada de 38 gigawatts, e o Japão tem cerca de 7 gigawatts de capacidade solar instalada, enquanto a Austrália tem cerca de 4 gigawatts (IEA, 2023).

Quando se trata do aspecto micro, a eletricidade solar pode ser usada para alimentar residências e reduzir as contas de eletricidade em diversos locais, desde a geração compartilhada com a rede externa até a produção independente e consumo próprio. Como é sabido, a eletricidade solar funciona convertendo a radiação solar em eletricidade usando células fotovoltaicas, essa eletricidade produzida pode ser usada diretamente em casa ou armazenada em baterias para uso futuro. No que tange ao custo da instalação de energia solar, esse fator depende diretamente do tamanho do sistema e da localização da residência, já que esses sistemas de eletricidade solar normalmente requerem um investimento inicial em equipamentos e custos de instalação.

No entanto, o custo da eletricidade solar é compensado pela economia nas contas de eletricidade ao longo do tempo, além disso, alguns estados e governos locais oferecem incentivos para a instalação de sistemas de energia solar. Os sistemas de eletricidade solar requerem muito pouca manutenção e podem fornecer energia por muitos anos, além de ajudar a aumentar o valor agregado de uma residência, considerando também que os proprietários que instalam um sistema de eletricidade solar também podem se beneficiar de créditos fiscais e outros incentivos. Em âmbito geral, a eletricidade solar fotovoltaica pode ser uma opção para residências que buscam reduzir suas contas de eletricidade e se tornar mais ecológicas.

Dadas essas condições e todos os aspectos que permeiam o setor solar fotovoltaico, observa-se que as aplicações no setor residencial não têm se replicado em grandes escalas, e os estudos apresentados geralmente utilizam apenas uma residência como objeto de estudo, com

o intuito de aferir como a utilização de placas solares fotovoltaicas afeta o consumo e como essa autoprodução de energia contribui para o setor externo à residência. Mediante essas observações, em conjunto com a análise de dados a serem obtidas através de questionários e da análise de consumo de energia residencial, responder-se-ão as sequenciais problemáticas levantadas: **Como a utilização de placas solares fotovoltaicas impacta economicamente os consumidores residenciais, tendo por base uma amostra de consumo elétrico residencial e em um recorte temporal de 12 meses móveis?**

1.1 OBJETIVOS

Objetivou-se entender a dinâmica do setor solar fotovoltaico no consumo residencial através da diferença entre o que é produzido pelas placas solares e o que de fato é consumido pelas residências. Para chegar-se à esta compreensão, utilizou-se de informações como: Consumo médio mensal de energia elétrica nas residências, potencial de geração de energia elétrica das placas solares fotovoltaicas, excedente de eletricidade que possivelmente possa ser enviado à rede externa, necessidade de compensação de eletricidade pela rede externa.

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a resultância do implemento de placas solares fotovoltaicas em sistema Grid-Tie, tendo por base os efeitos econômicos e financeiros na rede doméstica da cidade de Campina Grande.

1.1.2 Objetivos Específicos

Mediante o objetivo geral, os meios aos quais levar-se-ão à consecução desse trabalho reflete-se nos seguintes objetivos específicos:

- a) Mensurar estatisticamente o perfil do consumo de energia elétrica das residências em Campina Grande, PB, através de uma amostra de consumo elétrico residencial.
- b) Relacionar a produção de energia elétrica, de janeiro a dezembro, em virtude da oscilação de horas solares diárias, com a média do consumo residencial obtido na amostra do item (a).
- c) Verificar a possível redução nos custos com energia elétrica mediante implemento de placas solares fotovoltaicas em residências.

- d) Generalizar os resultados obtidos para mensurar o impacto da economia de energia no consumo total da cidade e na economia financeira.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho utiliza-se de uma amostra genuína do consumo elétrico da cidade de Campina Grande, tendo em vista que as proposituras de trabalhos nos campos da Engenharia e Economia se baseiam em modelos singulares, isto é dizer que os trabalhos produzidos até então possuem apenas uma residência, prédio público, ou fazendas solares como fonte de análise para estudos. Em contrapartida, este estudo utiliza-se de uma amostra de consumo elétrico residencial e traça uma projeção de maneira singular aos outros que já foram feitos, o que o torna um forte referencial para obras vindouras. Em pesquisa anterior e primordial, pôde-se constatar que há uma certa desconexão entre os aspectos econômicos e ambientais da utilização de placas solares em rede doméstica, o que influi na escolha de execução dessa pesquisa.

O segundo ponto de justificativa deste trabalho concerne ao impacto que ele pode causar em uma cidade de porte médio como Campina Grande, considerando que a utilização de placas solares fotovoltaicas já é uma realidade em diversos setores desta cidade. Essa produção pode ser utilizada como parâmetro maior para decisões no futuro, tendo em vista que o objeto utilizado no estudo é referente a um conjunto de residências e não apenas uma residência. Importante destacar que esta pesquisa se propõe a recolher uma amostra significativa das residências de Campina Grande, com a finalidade de produzir mensurações cujas características e resultados jamais foram obtidos até então.

Destarte, esta pesquisa justifica-se nos termos elencados no corpo da introdução, por se tratar de um tema relevante atualmente não só nacionalmente, mas em âmbito internacional; também por se tratar de um tema inerente à economia, que possui relevância na vida de milhões de pessoas. Nesta tratativa, ainda se apresentam os aspectos da preservação dos recursos naturais finitos no meio ambiente, além do aproveitamento de uma fonte energética que possui uma vida restante estimada em bilhões de anos. Evidencia-se, nesta perspectiva, que há oportunidade de se elevar o debate sobre energia solar a um outro patamar, dado que não há estudos cujo objeto de estudo seja tão representativo quanto este, visando oferecer novos conhecimentos sobre um tema de grande importância, se faz impostergável.

2. PLACAS FOTOVOLTAICAS: CARACTERÍSTICAS E FUNCIONAMENTO

Painéis solares, conhecidos também como placas fotovoltaicas, são dispositivos que convertem a radiação solar em energia elétrica. Dentro do aspecto ao qual a geração de energia solar está inserida, pode-se verificar que a sua aplicabilidade se estender, desde indústrias até residências. O modelo que predomina atualmente é o *on grid* ou *grid-tie*, neste modelo, é possível utilizar a energia produzida pelos painéis próprios e o excedente é enviado para a rede elétrica, o que se torna em créditos energéticos que podem ser utilizados por este mesmo consumidor (ANEEL, 2012). Por este método, o usuário pode consumir esta energia para alimentar quaisquer que sejam os aparelhos eletrodomésticos na residência, logicamente, quanto maior o consumo elétrico de uma determinada residência, maior será a necessidade da utilização de placas ou maior será a necessidade compensação energética por parte da rede distribuidora. É importante destacar que esse modelo se desconecta da energia em caso de falta de energia (GOMES NETO, MASSA e FLORIAN, 2019), além de compensar os desníveis de energia que possam ocorrer.

Dentre as aplicabilidades dos painéis fotovoltaicos na origem de sua geração, que vai desde as fazendas solares até as pequenas unidades consumidoras e minicentrais solares que mantém o funcionamento de alguns postes de iluminação pública, os modelos de geração para residências têm se destacado nos últimos anos, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar, ABSOLAR (2021) no Brasil, mais de 678 mil sistemas solares estão conectados à rede elétrica, ofertando energia para cerca de 850 mil unidades consumidoras em todo o país. É importante destacar que a modalidade de geração de energia solar para residências é dividida em *on grid* e *off grid*, isto é dizer que: *on grid* se refere à energia solar gerada pelos painéis e conectada à rede doméstica e também à rede elétrica da distribuidora, em contraste, a energia *off grid* se refere a energia solar gerada pelos painéis, armazenadas em baterias e utilizadas em ambientes isolados da rede elétrica (GREENVOLT, 2021).

A maioria dos painéis solares possuem composição em três tipos de materiais, que são amplamente utilizados para painéis solares modernos, os monocristalinos, policristalinos e amorfos. Entretanto, o caminho até os dias modernos das placas solares não foi curto e a evolução ocorreu mediante melhorias do funcionamento dos sistemas com finalidade de melhoramento da eficiência dos painéis. Esses e outros aspectos serão discutidos nesse capítulo, cuja divisão se dá em duas subseções para explicar a evolução dos painéis fotovoltaicos, a eficiência e os modelos atuais, além de casos que apontam a dinâmica e versatilidade desses aparatos.

2.1 Breve retrospecto sobre painéis fotovoltaicos e o modelo *grid tie*

Os processos que envolvem a produção de energia solar atualmente parecem ser um modelo já consolidado e único, tendo em vista que as placas solares encontradas atualmente obedecem a padrões de produção de eletricidade que pouco variam de um modelo a outro. O ponto de partida da utilização de placas solares como fonte de energia elétrica remonta do fim dos anos 1950, nos Estados Unidos. Naquele momento, o objetivo essencial era utilizar essa fonte como geração de energia elétrica para satélites; a partir daí, estima-se que o custo das células solares tenha caído em torno de 1.000% em um período de 50 anos (MARQUES, KRAUTER e LIMA, 2009). Atualmente, a maioria das placas solares possui basicamente uma série de células feitas de silício e estão dispostas em série. Como marco temporal, destaca-se a evolução dos painéis solares em três épocas diferente, a primeira delas por Edmond Becquerel em 1839, em 1876 com o advento do primeiro equipamento fotovoltaico, e por fim, a produção industrial em 1956 (MARQUES, KRAUTER e LIMA, 2009).

Como ponto de partida, convém ressaltar que a geração de eletricidade não é proporcionada através de calor e sim de radiação solar, o que implica na existência apenas de radiação solar efetiva e não somente a luz do sol, ainda que a existência do último implique na ocorrência do primeiro. Observando a disposição das células, pode-se analisar a classificação dos painéis baseando-se no número de células fotovoltaicas, as placas fotovoltaicas maiores possuem 72 células de silício, os painéis médios têm 60 células e os painéis pequenos têm 36 células (LEÓN e BARRAZA, 2019).

É possível encontrar no mercado alguns outros tamanhos de painéis solares, entretanto a diferença marcante entre esses painéis remete à capacidade de geração de energia elétrica, em kW. A quantidade de células presentes nos painéis solares também influi não só na quantidade de eletricidade gerada, bem como nas dimensões dos painéis, questão que influi diretamente na disposição deles nas superfícies a serem cobertas. Ainda existem outros modelos menos usuais de placas fotovoltaicas, desde modelos que são compostos de materiais orgânicos até outros tipos de componentes químicos, que são inferiores no quesito eficiência:

- Células fotovoltaicas orgânicas, conhecidas como PVOs, que são painéis feitos com são fabricados com um tipo de polímero e que chegam até 11% de eficiência (SIRIUS, 2023)
- Os painéis de filme fino são compostos de cobre, índio e gálio seleneto, silício amorfo, células solares fotovoltaicas orgânicas e telureto de cádmio sua eficiência chega à 13%.

A seguir, observar-se-ão os modelos de placas solares fotovoltaicas que mais são utilizadas no mercado nacional e suas respectivas especificações técnicas.

Tabela 1 – Principais modelos de placas solares fotovoltaicas no mercado Brasileiro.

Modelo	Marca	Tecnologia	Células	Potência Máxima	Dimensões
TSM-DE18M	Vertex Trina Solar	Monocristais	150	510 W	2,18m x 1,10m
LR5-72HPH-550M	Longi Hi-MO 5	Monocristais	144	550 W	2,22m x 1,13m
JAM72S30-540/MR	JA Solar	Monocristais	144	540 W	2,22m x 1,13m
JAM72S30-545/MR	JA Solar	Monocristais	144	545 W	2,22m x 1,13m
JAM72S30-550/MR	JA Solar	Monocristais	144	550 W	2,22m x 1,13m

Fonte: Elaboração própria a partir de (SIRIUS, 2023) (LEÓN e BARRAZA, 2019)

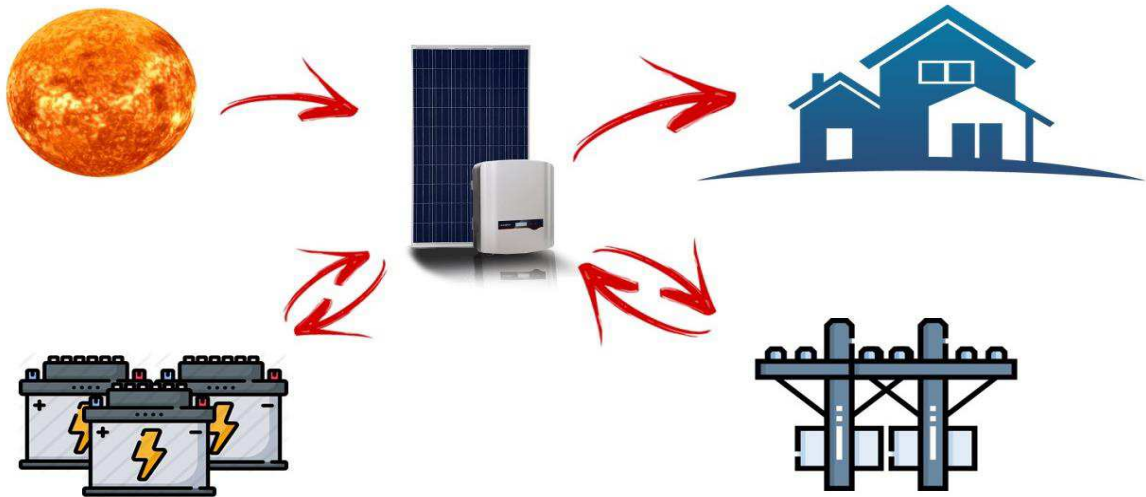
Atualmente, painéis fotovoltaicos podem ser encontrados em modelos policristalinos e monocristalinos. O que os difere é que as células monocristalinas possuem os quatro vértices da placa cortados em 45° devido à base circular cilíndrica em sua forma, situação que não se repete em células policristalinas, uma vez que são células cristalizadas em seu processo de fabricação (LEÓN e BARRAZA, 2019); outro aspecto importante é que as células policristalinas, ainda que sejam menos eficientes, possuem um custo de produção menor do que as células de silício monocristalinos.

Para que se produza energia proveniente de fontes solares, é necessário que se conheçam as formas com a qual a energia pode ser utilizada, isto é, os meios com que ela pode ser aproveitada e transformada para utilização no ambiente doméstico. Isso ocorre pois há uma diferença entre as cargas de energia e a forma como elas fluem, podendo ser classificadas como energia de corrente alternada e corrente contínua (GREENVOLT, 2021). O método de conversão conhecido como *grid-tie* é um dos mais utilizados atualmente, entretanto, esse sistema requer uma conexão com a rede da empresa fornecedora de energia elétrica, já que o excedente de energia elétrica produzido pelos painéis deve ser lançado na rede para que seja convertido em créditos (GOMES NETO, MASSA e FLORIAN, 2019) ainda que este esteja propenso a falhas, já que todo o sistema se desconecta em caso de falta de energia.

Essa modalidade de produção de energia é esquematizada por painéis solares que são instalados em áreas de boa incidência de luz solar, conectados à uma rede interligada entre o inversor de energia solar e a rede elétrica residencial, além da ligação com a rede de distribuição da concessionária elétrica (GOMES NETO, MASSA e FLORIAN, 2019). Os painéis recebem a radiação solar e agitam os elétrons presentes, gerando corrente elétrica contínua, que é enviada para o conversor, que recebe a energia proveniente dos painéis e a converte de corrente contínua

para corrente alternada, que é utilizada pela rede doméstica (SILVA, ASSUNÇÃO, *et al.*, 2019).

Figura 1 – Esquema simples de geração fotovoltaica grid tie.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações de (GREENVOLT, 2021) (SILVA, ASSUNÇÃO, *et al.*, 2019).

Outros equipamentos também são necessários para a geração de energia solar, compõem a matriz de geração: além dos inversores – no caso desta pesquisa, grid-tie – utiliza-se também um espaço específico para abrigar os dispositivos que asseguram o funcionamento do sistema, o medidor bidirecional, que consiste em um dispositivo verificador do consumo de energia, diferenciando quando a unidade consumidora está utilizando energia das placas ou energia da rede distribuidora/concessionária, além dos periféricos importantes como fios e cabos de tensão (MELO, PESTANA e FLORIAN, 2019). A considerar o campo de estudo e pesquisa como sendo um centro urbano, alcançado em sua plenitude pela rede energética da concessionária de energia, o modelo grid-tie é o modelo idealizado para transformar o cenário de unidade consumidora de energia da concessionária para unidade geradora de energia, melhorando os índices de eficiência energética de determinadas cidades e regiões, o que não ocorreria facilmente na aplicação do modelo grid-off, que é isolado da rede distribuidora.

3. PANORAMA GENÉRICO DO CONSUMO E PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR

O consumo de eletricidade pode ser definido como a quantidade de energia elétrica consumida por uma determinada casa, empresa ou nação durante um período e, normalmente, é medido em quilowatt/hora (kWh) ou megawatt/hora (MWh) (ANEEL, 2010). Na maioria dos

países, a eletricidade é a principal fonte de energia, essencial para a subsistência de pessoas e para as mais diversas atividades econômicas: desde a iluminação e aquecimento de residências até a funcionamento de computadores e máquinas industriais.

Com efeito, o consumo de eletricidade está intimamente ligado ao crescimento econômico, uma vez que o consumo de eletricidade de um país tende a aumentar com o crescimento econômico, pois maiores níveis de produção e consumo exigem mais eletricidade (FREIRE e FONTGALLAND, 2022). Dentre os indicadores de desenvolvimento e crescimento econômico de um país, a utilização de eletricidade aparece como um dos mais importantes indicadores, dado que a evolução do consumo elétrico no setor industrial e comercial podem indicar acionamento de maquinário e locação de espaço físico para comercialização de bens. De semelhante modo, o desenvolvimento do setor imobiliário induz o aumento do consumo de eletricidade, desde o momento de fundação de empreendimentos até a fase em que os imóveis são mobiliados, induzindo um consumo maior na ponta residencial.

O consumo de eletricidade tem um impacto ambiental significativo, uma vez que a produção de eletricidade é responsável pela emissão de grandes quantidades de gases com efeito de estufa, como o dióxido de carbono (ZHAO, CAO e WANG, 2023). Dadas essas circunstâncias, governos e empresas tomaram medidas para reduzir o consumo de eletricidade, promovendo a eficiência energética e fontes de energia renováveis através da tecnologia, com o intuito de melhorar as formas de produção e consumo e reduzir a poluição relativa ao carbono (YADAV, DAVIES e SARDOKIE, 2019) (ZHAO, CAO e WANG, 2023). No contexto das energias renováveis e para resolver as questões ambientais e climáticas, desde o ano de 1995, Conferências Anuais das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas têm ocorrido com grande frequência, elas ocorrem no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC). (CAPORALE, SPAGNOLO e ALMAJALI, 2022)

Cada reunião é conhecida como Conferência das Partes (COP), e a última reunião da COP ocorreu em Glasgow, entre outubro e novembro de 2021 (COP26). Desde então, diversos tratados sobre o clima foram assinados, com o intuito de reduzir-se o impacto da atividade humana no meio ambiente, especialmente no setor energético, visando utilizar os recursos naturais do planeta terra, como a luz solar, a força dos ventos e das ondas, dos movimentos de marés, e do calor da própria terra (CAPORALE, SPAGNOLO e ALMAJALI, 2022).

Dentre os assuntos discutidos nas conferências, surge o conceito de pegada de carbono considera todas as emissões de um produto tanto no tempo pretérito, ou seja, partindo do ponto de consumo até as fontes de emissão, para um tempo futuro, incluindo aí a fase de uso e o

descarte de determinado produto (PETERS, 2010). Em outras palavras, refere-se a todo o caminho de um produto desde a sua concepção até o seu desaparecimento no meio em que é lançado. A análise sobre as pegadas de carbono dos países é importante, pois pode ajudar na elaboração de acordos climáticos com obrigações equivalentes a cada característica de cada país, evitando injustiça em territórios distintos.

No geral, o consumo de eletricidade é um importante indicador da saúde econômica e ambiental de uma nação, e ao entender-se os padrões de consumo de eletricidade, melhores projetos de desenvolvimento elétrico podem ser feitos (FREIRE e FONTGALLAND, 2022).

Neste capítulo, a elaboração das informações ocorreu de maneira sistemática e metódica, as fontes foram selecionadas diretamente da *Web of Science*, com a seleção dos artigos cuja relevância e conexão com o tema foi significativamente considerada.

3.1 Matriz Elétrica no Brasil

As dimensões territoriais do Brasil fazem com que a densidade demográfica seja diferente nas mais diversas regiões, de semelhante maneira acontece no consumo e na produção de energia em todo o país. Segundo o EPE (2021), 86,3% dos consumidores de energia elétrica no Brasil são da classe residencial, 6,8% são da classe comercial e pouco mais de 0,5% são da classe Industrial. Isso traduz a importância deste setor, destacando o seu impacto na oferta de energia, uma vez que a grande demanda de energia é proveniente do setor residencial. Ao considerar que o consumo doméstico é um componente essencial para a produção de energia, logo percebe-se que a necessidade de fornecer meios de geração de energia elétrica para atender essa demanda é deveras urgente, dadas as situações de geração atuais.

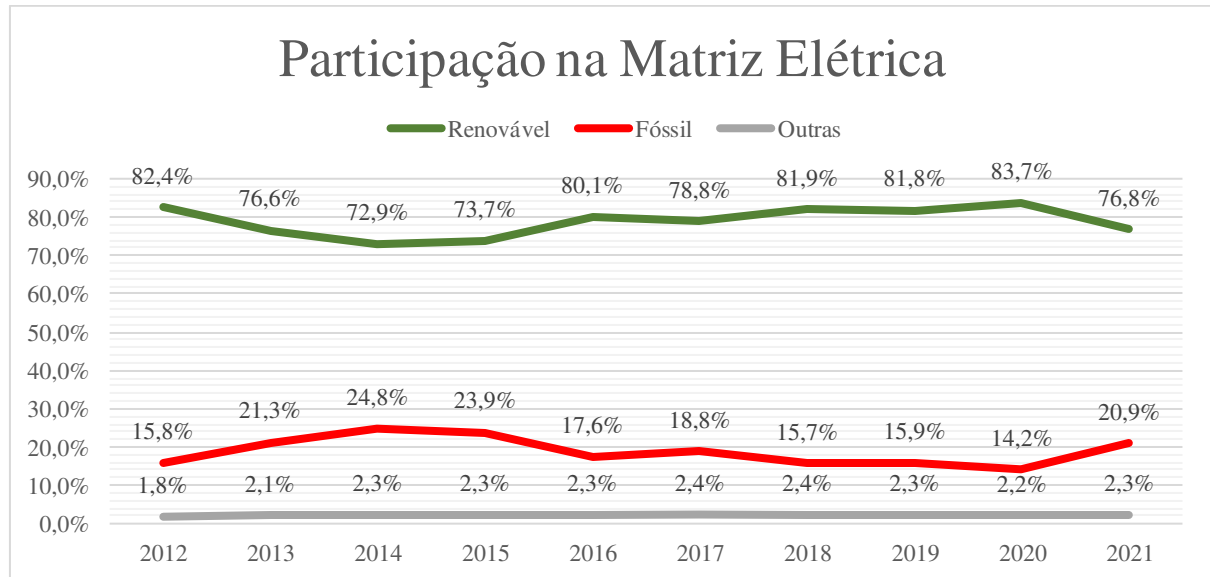
A matriz elétrica brasileira está em constante atualização e aperfeiçoamento. Na última década, ou seja, entre os anos de 2011 e 2020, o Brasil fez investimentos significativos em eficiência energética e fontes de energia renováveis, como eólica e solar (QUEIROZ, BORGES, *et al.*, 2020) (FREIRE e FONTGALLAND, 2022). Isso levou a uma redução dramática na pegada de carbono do país, considerando a evolução da matriz elétrica ao longo dos anos: 55% de aumento na capacidade instalada em fontes renováveis limpas desde 2012 até 2021 (EPE; MME, 2022). Além de investir em fontes renováveis de energia, a matriz elétrica brasileira tem sido aprimorada por meio da construção de novas linhas de transmissão e da ampliação das existentes (ONS, 2021). Essa evolução não se deu somente no Brasil, mas também em alguns outros países, cuja capacidade instalada em fontes renováveis cresceu de maneira substancial. Ao longo dos anos, por exemplo, a China mais que triplicou sua capacidade instalada, os

Estados Unidos e a Índia também experimentaram um crescimento em suas matrizes (EPE, 2021).

De 2010 até 2019, o Brasil figurava entre os dez maiores países em quesito de capacidade instalada de fontes renováveis, cujo volume de operação saiu de 831 GW para 1.818 GW – ou seja, 181 TW –, representando um aumento de 119% ao longo de dez anos, com destaque de que o Brasil representava 10,9% dessa capacidade no ano de 2010 e passou a ter 7,8% em 2019 (EPE, 2021). Países como Itália, Espanha e Rússia também tiveram aumento nas suas capacidades de geração de produção elétrica em fontes renováveis, mas ainda assim, a predominância de fontes fósseis na geração elétrica foi substancial devido à grande presença do consumo de petróleo, especialmente a Rússia, que é um país produtor e exportador de petróleo e gás na Europa (EPE, 2021) (IEA, 2021). Canadá, Japão e Alemanha apresentaram progressos significativos no mesmo período observado, especialmente a Alemanha, onde a capacidade instalada em fontes renováveis mais de dobrou, fazendo com que o país continuasse firme na quinta posição dentre os países com grandes capacidades renováveis instaladas (IEA, 2021).

Em 2022, o Brasil possuía cerca de 7,3 GW de capacidade instalada anual proveniente de rede solar (EPE; MME, 2022), entretanto, um valor substancialmente menor que a energia hidrelétrica, que representou cerca de 103,2 Mil GW também no ano de 2022 (EPE; MME, 2022). Destarte, observa-se que a geração de energia solar poderia ser mais bem explorada nos termos em que a potencialidade se apresenta no Brasil. De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico, ONS, em dezembro de 2021, o Brasil teve 2.930 MW de capacidade instalada oriunda de fonte solar injetada no Sistema Interligado Nacional – o SIN – e deste montante, a geração verificada ficou em torno de 686 MW médio, uma representatividade de 23,41% do total de capacidade (ONS, 2021). Notoriamente, a exploração da produção de energia solar apresenta uma evolução sistemática através dos anos, no sentido da viabilização de sua produção e no aspecto dinâmico que ela possui, prova disso é a evolução e comprovação de o quão renovável é a matriz elétrica do Brasil.

Gráfico 1 – Composição da matriz elétrica do Brasil em renováveis x fósseis.



Fonte: Elaboração própria a partir de (ABSOLAR, 2023) (EPE, 2021) (EPE; MME, 2022)

Notadamente, observa-se que em nenhum momento, dos últimos dez anos analisados, a participação das fontes renováveis na matriz elétrica do Brasil decaiu a menos de 70%, e que em metade das aferições esse índice superou os 80% de participação. Entretanto convém dizer que, mesmo existindo essa alta participação na matriz elétrica nacional, nenhum outro ciclo apresentou tamanha variação quanto os blocos dos anos 2015/2016 e dos anos 2020/2021, isso demonstra que a matriz possui variâncias que talvez necessitem de correções mediante implemento de outras fontes renováveis.

É possível notar nos relatórios do ONS que nos últimos anos o Brasil também tomou medidas para reduzir sua dependência de fontes de energia importadas, desenvolvendo uma estratégia com visão de futuro para reduzir sua dependência de combustíveis importados, como petróleo e gás natural, e aumentar o uso de fontes domésticas (ONS, 2022). A matriz elétrica brasileira é um sistema complexo e dinâmico, e está em constante evolução para atender às mudanças das necessidades do país. É parte integrante da infraestrutura de energia do Brasil e é essencial para o crescimento e desenvolvimento econômico do país.

Em todo esse contexto, é importante ressaltar que existe um papel fundamental observado em todos os trabalhos que tratam sobre a eficiência energética, pois, por muitos anos, a economia e o setor elétrico pareciam estar estranhos um ao outro, não era comum associar a economia ao setor elétrico por diversas razões, dentre as quais, restrições financeiras que possivelmente pudessem atrapalhar o desenvolvimento de um empreendimento de eletricidade, pressões de grupos de defesa do meio ambiente, e até mesmo as questões macroeconômicas

como formação de oligopólio de empresas de engenharia, fazendo com que isso tudo fosse traduzido numa falta de retorno financeiro em uma economia de escala (SANTANA, 1993).

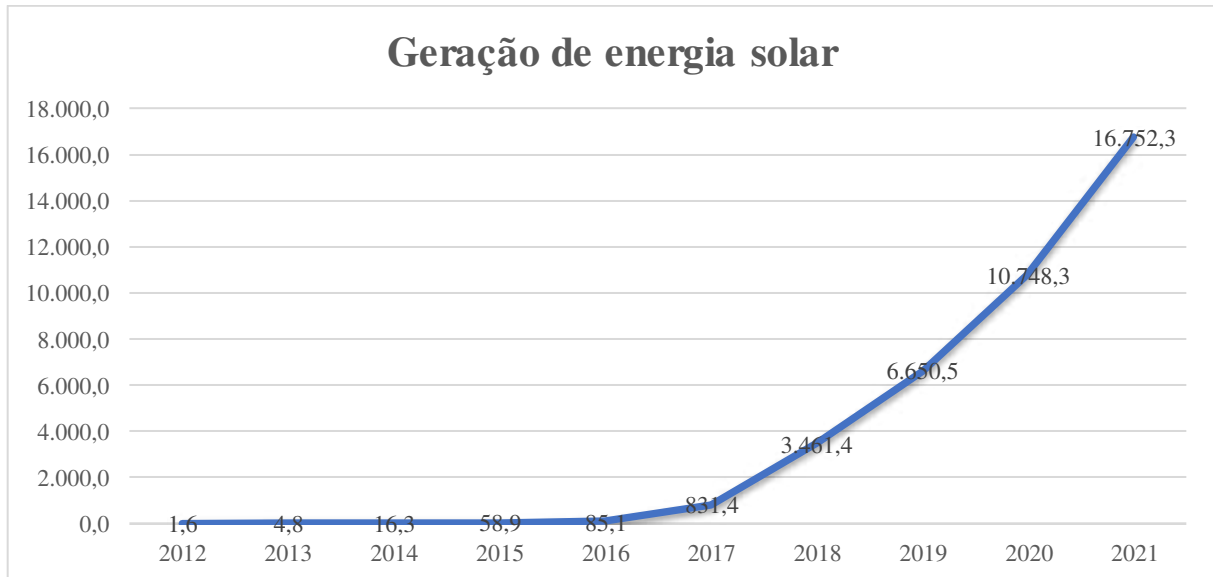
3.2 Características do setor solar

A utilização de placas solares em rede doméstica, com a finalidade de produzir a própria energia solar tem se tornado um crescente atualmente, e diversas análises já foram elevadas sobre este determinado tema, com o objetivo de produzir-se dados sobre o potencial nos aspectos econômicos e energéticos dos painéis solares (SILVA, ASSUNÇÃO, *et al.*, 2019). Os painéis solares são dispositivos que convertem a luz solar em eletricidade. Eles são compostos de muitas células fotovoltaicas, que geralmente são feitas de silício (SANHUEZA e FREITAS, 2018). Quando a luz solar atinge a célula, as células fotovoltaicas absorvem a luz e criam uma corrente elétrica, que pode ser usada para alimentar dispositivos elétricos. Os painéis solares estão se tornando cada vez mais populares como fonte de energia alternativa, pois fornecem energia limpa e renovável e podem ser usados para reduzir os custos de eletricidade.

Os painéis solares são mais comumente usados em ambientes residenciais e comerciais, pois são uma maneira eficiente de gerar eletricidade; eles também são frequentemente usados em locais remotos, como em barcos, trailers e em sistemas fora da rede (YADAV, DAVIES e SARDOKIE, 2019). Os painéis solares podem ser usados para alimentar uma variedade de aparelhos, incluindo luzes, eletrodomésticos e até condicionadores de ar. Os painéis solares são geralmente fáceis de instalar e requerem pouca manutenção, no entanto, eles requerem limpeza regular, pois sujeira e detritos podem reduzir a eficiência dos painéis (SILVA, ASSUNÇÃO, *et al.*, 2019). Além disso, os painéis solares precisam de luz solar direta para funcionar, por isso são mais eficazes em locais ensolarados, como o sudoeste dos Estados Unidos (TABASSUM, RAHMAN, *et al.*, 2021).

No Brasil, a evolução do setor solar tem se mostrado efetiva e pujante no recorte temporal analisado, o que contribui para a segura efetivação do setor como uma das alternativas ao processo de descarbonização do meio ambiente mediante adoção de novos mecanismos de produção de energia elétrica.

Gráfico 2 – Evolução da geração de energia solar, em GW, de 2012 a 2020.



Fonte: Elaboração própria a partir de (EPE; MME, 2022)

No Brasil, a evolução do setor solar tem se dado de maneira substancial desde o ano de 2017 quando a capacidade do setor era de 1.158 MW, e deste ponto, passou a ter, em fevereiro de 2023 cerca de 26.055 MW de capacidade instalada (ABSOLAR, 2023). Essa evolução se dá em virtude de o processo de instalação ser muito menos burocrático e menos demorado em comparação à outras fontes de geração e microgeração de energia elétrica. Segundo os dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL – os sistemas de microgeração e minigeração de energia solar, cujas cargas correspondem à 75kW e >75kW até 5 MW, respectivamente, são as responsáveis pela geração distribuída e estão presentes em residências, comércios, indústrias e propriedades rurais (ABSOLAR, 2023). No Brasil, mais de 1,3 milhão de residências são responsáveis pela geração distribuída de energia elétrica, correspondendo à 78,9% de todas as unidades de geração atualmente em funcionamento, e no aspecto global, mais de 2,2 milhões de unidades consumidoras recebem créditos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ABSOLAR, 2023)

Ainda sobre os aspectos do setor solar no Brasil, atualmente, dos 10 maiores produtores de energia solar fotovoltaica em fontes centralizadas, ou seja, em fazendas solares e parques geradores de energia solar fotovoltaica em grande escala, 6 estão na região Nordeste do país, o que corrobora a posição da região como a de maior potencial gerador nacionalmente (ABSOLAR, 2023). Em um aspecto global, o grande impulso para o desenvolvimento do setor solar se deu pela forma como as normativas e leis que regulamentam o setor apareceram em momento oportuno – mesmo que de maneira um pouco tardia –, e ajudaram sobremaneira a

desenvolver o setor solar no Brasil, principalmente nas regiões onde a incidência solar é mais intensa.

3.3 Regulações e Normativas

Ao longo dessas evoluções, a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, passou a observar os impactos dessa modalidade de geração, e ofertou uma série de mudanças que abrange a compensação de créditos em função da energia produzida, o que culminou na modificação da Resolução Normativa 482/2012 no ano de 2015 (MELO, PESTANA e FLORIAN, 2019). Além desse ponto, no ano de 2022 a lei nº 14.300 foi decretada em 06 de janeiro, lei essa que prevê uma série de modificações nos mais diversos aspectos da geração distribuída de energia solar fotovoltaica. Em um aspecto geral, essa lei é ferramenta de instituição do marco legal da microgeração e minigeração distribuída, ela também regula o Sistema de Compensação de Energia Elétrica – SCEE – e o Programa de Energia Renovável Social – PERS –, a sanção também provocou mudanças nas Leis n.º 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996 (BRASIL, 2022).

A primeira lei alterada se refere à comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, além da relação de comércio entre as entidades citadas e os seus respectivos consumidores dentro do Sistema Interligado Nacional – SIN – e previa a contratação regulada ou livre do serviço comercial elétrico (BRASIL, 2004). A segunda lei modificada apenas versou sobre as novas atribuições da ANEEL. A lei 14.300 de 6 de janeiro de 2022 inicialmente versa sobre os aspectos de consumo e de geração, ou seja, a lei traz as definições de termos que são considerados importantes dentro do contexto da energia solar fotovoltaica e de outras fontes renováveis, podendo englobar as pequenas centrais hidrelétricas, contando com aquelas à fio d'água que tenham viabilidade de controle variável de sua geração de energia, as produções de cogeração qualificada, a geração de biomassa e de biogás, com um adendo para a geração fotovoltaica, cuja limitação é a 3 MW de potência instalada (BRASIL, 2022).

As disposições gerais da lei também trazem a efetivação do crédito de energia elétrica, sendo definido como o excedente de energia elétrica que não foi/é compensado por alguma unidade consumidora que seja participante do SCEE dentro do período de faturamento em que foi gerado (BRASIL, 2022), bem como a modalidade de consumo, que poderá ser definida como autoconsumo local, quando a modalidade de microgeração ou minigeração distribuída eletricamente se encontra junto à carga; o autoconsumo remoto, quando a modalidade é

caracterizada por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma pessoa jurídica ou pessoa física; e o modelo de consórcio de consumidores de energia elétrica, quando há uma reunião de pessoas físicas e/ou jurídicas consumidoras de energia elétrica instituído para a geração de energia destinada a consumo próprio (BRASIL, 2022).

A apreciação dessa lei sobre os aspectos financeiros da microgeração e minigeração também ocorre, de maneira essencial e, a lei prevê um processo de transição na cobrança de tarifas e de encargos que incidem sobre o uso dos sistemas de transmissão e distribuição aos minissistemas e microssistemas de geração elétrica distribuída. A lei determina que o valor mínimo para faturamento deve ter uma redução de pelo menos 50% em relação ao valor mínimo aplicável aos demais consumidores equivalentes, conforme regulação da Aneel. Esse abatimento é aplicável aos microgeradores com compensação no mesmo local da geração, ou seja, unidades geradoras que produzem e consomem energia elétrica cujo abatimento do consumo ocorra na própria produção; e cujo gerador tenha potência instalada máxima de 1.200 W.

Com base nesta lei, espera-se que até o ano de 2045, os micros e minigeradores já instalados ou em funcionamento se mantenham na regra atual, bem como os novos processos de instalação que requereram acesso à distribuidora, com pelo menos 12 meses da publicação. A regra será aplicada aos consumidores que pediram acesso à distribuidora até 12 meses da publicação da lei, pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica. A lei ainda prevê um prazo de 25 anos de manutenção do regime de compensação de energia aos projetos já instalados que vigorava até a promulgação além de englobar os projetos que foram solicitados num período de até 12 meses após a aprovação, bem como um implemento de uma regra de transição que compatibiliza os investimentos que já foram feitos. Destarte, somente em 2029 todos os encargos que são definidos pelas normativas da ANEEL serão cobrados das unidades minis e microgeradoras.

A lei também definiu que, gradativamente, haja cobrança de TUSD Fio B, tarifa que é paga pelo uso da rede externa para transportar a eletricidade que foi gerada pelas placas até a rede externa, e que é variável sobre as tarifas de eletricidade em cada concessionária. Essa tarifa começou a ser cobrada já no ano de 2023, e de acordo com a ANEEL, cobrança seria variável ao longo dos anos até o ano de 2028, no ano seguinte, a convenção a ser realizada definirá novas regras sobre a tarifa aplicada a utilização do Fio B para exportação de eletricidade excedente. De acordo com a lei, a tarifação se dará pela seguinte regra:

O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:

- I – 15% (quinze por cento) a partir de 2023;
- II – 30% (trinta por cento) a partir de 2024;
- III – 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;
- IV – 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;
- V – 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;
- VI – 90% (noventa por cento) a partir de 2028;
- VII – a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029. (BRASIL, 2022, p. Art. 27)

É importante salientar que a Lei 14.300 não versa apenas sobre o Fio B, existem outros temas que são englobadas na lei, como por exemplo, as condicionantes para as tarifas futuras para outros setores além do doméstico, e não se restringindo apenas à energia solar fotovoltaica, mas englobando outras formas de geração de energia interligadas ao SIN, como eólica e pequenas centrais hidrelétricas. Portanto, observa-se claramente que o desenvolvimento da produção de energia solar é algo factível, estando presente nas discussões dos mais diversos setores e sendo alvo de melhorias por parte dos novos processos de geração solar e por parte da agência reguladora do setor.

4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E COMPORTAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO

A eficiência energética refere-se ao uso de menos energia para realizar uma tarefa específica ou alcançar um resultado específico, e pode ser mensurado por uma medida da eficácia com que um sistema, dispositivo ou processo converte a energia de entrada em energia útil de saída (OIKONOMOU, JEPMA, *et al.*, 2008). De forma geral, o objetivo da eficiência energética e a sua aplicabilidade é minimizar o desperdício e reduzir a quantidade de energia necessária para fornecer bens e serviços (OIKONOMOU, JEPMA, *et al.*, 2008). Tudo isso sendo parte da economia de custos, onde as tecnologias e práticas energeticamente eficientes resultam frequentemente em contas de energia mais baixas para consumidores e empresas. Com o tempo, o investimento inicial em equipamentos ou melhorias energeticamente eficientes é muitas vezes compensado pela redução dos custos operacionais.

Ainda assim, convém ressaltar que o que é tido como comportamento do consumo de eletricidade refere-se aos padrões, tendências e hábitos associados à forma como os indivíduos, empresas ou sociedades se utilizam a energia elétrica, e que esses padrões variam de acordo com vários aspectos dos consumidores, tais como conhecimento dos consumidores sobre o meio ambiente, conhecimento dos consumidores sobre questões e comportamentos ambientais, bem como sobre a forma como alguns equipamentos funcionam (POTHITOU, KHOLIOS, *et al.*, 2014). De acordo com Pothitou et al (2014, p. 3-4) “os consumidores respondem positivamente às mudanças em seu uso de energia quando motivados por recompensas financeiras” (tradução própria), isso é dizer que o comportamento sobre o consumo elétrico também possui o fator econômico envolvido e que geralmente os consumidores estarão dispostos a fazer esforços em economia de eletricidade. Nas residências como um todo, o comportamento do consumo de energia elétrica pode ser influenciado por alguns outros fatores como as escolhas do consumidor, necessidades e desejos dos consumidores nesta determinada residência, o estilo de vida que os consumidores possuem (LOPES, ANTUNES e MARTINS, 2012).

A observação dos hábitos de consumo elétrico para identificar padrões nos consumidores residenciais pode oferecer caminhos para uma melhor otimização do consumo elétrico nas unidades consumidoras. O consumo elétrico é um dado que pode trazer diversas interpretações sobre os hábitos de consumo em uma determinada unidade consumidora, logicamente, algumas noções sobre problemas como aquecimento global e mudanças climáticas podem não ser suficientes para gerar uma mudança de hábito nos consumidores de eletricidade (POTHITOU,

KHOLIOS, *et al.*, 2014). As escolhas dos consumidores em adotar placas solares em suas residências também passa pela questão do comportamento em relação ao consumo e indiretamente pela questão de eficiência energética.

Identificar padrões de consumo no setor elétrico talvez seja mais difícil do que em outros setores, já que cada residência pode apresentar um padrão peculiar em relação à outra residência, mesmo que ambas possuam os mesmos eletrodomésticos. Não muito distante dos dias atuais, as mudanças nos padrões de consumo elétrico como um todo têm apresentado variações dentro da eficiência energética de diversas localidades, mas para além disso, convém destacar porque a eficiência energética é tão essencial na discussão dos temas dentro da eficiência energética atualmente (LOPES, ANTUNES e MARTINS, 2012). A priori, o auxílio à redução do consumo elétrico observado na eficiência culmina em diversos pontos positivos tais como a redução de poluição ambiental em virtude de fontes fósseis, a redução da necessidade de produção elétrica dessas mesmas fontes fósseis, redução de custos de geração, transmissão e do faturamento elétrico. Esses aspectos são observados desde as menores escalas até as maiores, como blocos econômicos

Globalmente, os níveis de eficiência energética melhoraram nos últimos anos. Em geral, entre 1990 e 2005, todos os países da OCDE reduziram seus valores agregados de intensidade energética final, através fortes melhorias de eficiência em todos os setores da economia (LOPES, ANTUNES e MARTINS, 2012, p. 4096)¹

Como visto, o avanço dos níveis de eficiência ajudou a evoluir também alguns setores da economia, tanto que a economia de energia ajudou a reduzir as emissões de dióxido de carbono que chegaram próximas à 15% no ano de 2005 (LOPES, ANTUNES e MARTINS, 2012), entretanto, não se pode produzir mensurações baseadas em nada, um processo ou método deve ser desenvolvido para se obter respostas e resultados sobre este assunto específico. Para que se atinja alguns objetivos, algumas estruturas de análise se fazem necessárias, como a adoção da decisão com base na utilidade e na economia comportamental dos consumidores de eletricidade (LOPES, ANTUNES e MARTINS, 2012). É nesse aspecto que muitos dos consumidores podem fazer as suas escolhas no tocante à energia elétrica consumida em suas residências, seja pela adoção de novos utensílios domésticos, seja pela utilização de fontes geradoras de eletricidade, ou até mesmo a adoção de eficiência tecnológica, onde considera-se a tomada de decisões dos consumidores baseada no comportamento dos mesmo em função do resultado esperado da deliberação racional (POTHITOU, KHOLIOS, *et al.*, 2014).

¹ “Globally, energy efficiency levels have improved in the last years. In general, between 1990 and 2005 all OECD countries reduced their aggregate final energy intensity values, through strong efficiency improvements in all sectors of the economy.”

No contexto da tomada de decisões dos consumidores dentro do setor elétrico, é importante destacar que boa parte dos indivíduos podem acabar trilhando um caminho de decisão contrário ao que se espera, nessa perspectiva, segundo Pothitou (2014, p. 7) “nota-se que os hábitos energéticos podem envolver percepções erradas e atenção seletiva, pois por exemplo os indivíduos preferem concentrar-se em informações que validem as suas opções e em contradições que não coincidem com o seu comportamento.”. Dentro dessa abordagem, diversos fatores podem influir na decisão dos consumidores sobre qual caminho tomar mediante a necessidade de adoção de um novo comportamento de consumo energético.

Um dos fatores que têm influência sobre o comportamento dos consumidores de energia é a incidência de tarifas e impostos, que em escala maior, podem fazer consumidores adotem diferentes posturas em relação à adoção de padrões de consumo diferentes (POTHITOU, KHOLIOS, *et al.*, 2014). Desde as taxas mais comuns até as mais complexas, e que às vezes sequer possuem a finalidade de corrigir distorções de poluição ambiental em si, mesmo as tarifas que são aplicadas em virtude da emissão de carbono, que podem ser aplicadas aos produtores de energia ou até mesmo aos consumidores finais.

Assemelham-se mais aos impostos sobre vendas cobrados de fornecedores (ou produtores) de energia e não se concentram em redução das emissões de CO₂, na verdade, visam antes promover a eficiência energética através do aumento dos custos em fornecimento e consumo de energia. Um imposto sobre carbono também é um imposto especial de consumo cobrado sobre o teor de carbono de combustíveis fósseis; portanto, aborda diretamente as emissões de CO₂. Este imposto pode levar os emissores a internalizarem sua externalidade negativa e permitir que outras tecnologias mais eficientes ou “mais limpas” penetrem no mercado de energia. [...] utilizamos este imposto como um imposto a montante (sobre combustíveis fósseis) para os produtores de energia. Um será necessário um aumento no nível do imposto sobre a energia para alcançar a mesma redução de emissões em comparação com um imposto sobre carbono (OIKONOMOU, JEPMA, *et al.*, 2008, p. 3045)²

A adoção de impostos pode se tornar um mecanismo modificador do padrão de consumo dos consumidores, tendo em vista que a ideia básica é atribuir um preço a cada quantidade de CO₂ que é emitida por cada fonte geradora, incentivando as pessoas a encontrarem alternativas que sejam mais limpas – ou menos poluidoras – e eficientes (OIKONOMOU, JEPMA, *et al.*, 2008). Em outras palavras, os impostos sobre as emissões de carbono e outros poluentes são frequentemente tidos pelos governos e agências como uma forma de incentivar as empresas, residências e os indivíduos como um todo a reduzir a sua pegada de carbono. Além das taxas,

² “They resemble more to sale taxes imposed on energy suppliers (or producers) and do not focus on CO₂ emissions reduction, in fact they rather aim at fostering energy efficiency through increased costs in energy supply and consumption. A carbon tax is also an excise tax imposed on the carbon content of fossil fuels; therefore, it addresses directly CO₂ emissions. This tax can drive emitters towards internalizing their negative externality and enable other more efficient or ‘cleaner’ technologies into penetrating in the energy market. In this paper we employ this tax as an input tax (on fossil fuels) for energy producers. An increase in the level of energy tax will be required in order to achieve the same emissions reduction in comparison to a carbon tax.”

outros fatores influem no padrão de comportamento como a paridade do poder de compra em virtude do câmbio, que ocorre em países cuja eletricidade é importada, de acordo com Stern (2012, p. 2204) quanto mais baixa a moeda estiver abaixo da taxa de câmbio da paridade do poder de compra, mais cara será a energia importada em relação aos bens e serviços nacionais.

O contexto em que determinadas situações podem ocorrer, desde escalas territoriais maiores como uma região ou país, até a realidade de pequenos locais, estão imergidas em fatores externos marcantes como como ambiente físico de dada localidade, os moradores que nelas residem, os eletrodomésticos que cada unidade consumidora escolher utilizar, a concessionária de energia, bem como a instalação de transmissão dessa energia e os meios transportes públicos de determinada localidade também afetam as escolhas individuais de consumo de energia (POTHITOU, KHOLIOS, *et al.*, 2014). Os determinantes em níveis macroeconômicos também afetam os comportamentos energéticos em escala regional e local, bem como os comportamentos sociais, contando-se desde as normas que influenciam as decisões energéticas dos indivíduos, até mesmo as atitudes sociais como um todo, que são demonstradas por meio do consumo de energia elétrica (POTHITOU, KHOLIOS, *et al.*, 2014)

Utilizar a abordagem correta na formulação de perspectivas nos padrões de consumo dos consumidores talvez incorra nos riscos das limitações das próprias abordagens, uma vez que os componentes de comportamento de cada indivíduo podem necessitar de medidas integrativas que auxiliem na identificação de padrões em larga escala, conciliando áreas como engenharia e ciências sociais (LOPES, ANTUNES e MARTINS, 2012). De forma geral, há uma complexidade nos modelos econômicos para comportamento energético dos consumidores e das unidades consumidoras nos mais diferentes níveis, o que torna difuso o uso de várias áreas do conhecimento.

Em resumo, os comportamentos energéticos são extremamente complexos, moldados por muitos fatores, não apenas individuais, mas também contextuais. Devido a essa complexidade, eles geralmente são estudados usando métodos fragmentados e estudos disciplinares de uma ampla gama de áreas temáticas, como psicologia, sociologia, economia e engenharia. Enquanto o social ciências se concentram em compreender e explicar comportamentos energéticos, engenharia e abordagens mais tecnológicas quantificam energia consumo como suporte para decisões e formulação de políticas (LOPES, ANTUNES e MARTINS, 2012)³

Notadamente, a necessidade de análise da influência do padrão de consumo dos indivíduos é necessária pois este comportamento tem uma fundamental influência no consumo

³ “In summary, energy behaviours are hugely complex, shaped by many factors, not only individual but also contextual. Due to this complexity, they are usually studied using fragmented and disciplinary studies from a wide range of thematic areas such as psychology, sociology, economics and engineering. While the social sciences focus on understanding and explaining energy behaviours, engineering and more technological approaches quantify energy consumption as a support for decision and policy making.”

final de energia elétrica, todavia que os potenciais de poupança fundadas pelo comportamento tenham sido geralmente omitidos em algumas pesquisas, existe, atualmente, um interesse de investigação revitalizado na aplicação da ciência social e comportamental à investigação sobre eficiência energética. (POTHITOU, KHOLIOS, *et al.*, 2014). No contexto geral, observa-se que vários fatores, além de induzirem no comportamento, também podem estar presentes em outros pequenos – mas importantes – aspectos econômicos dentro dessa abordagem como a consideração de que vários parâmetros podem aumentar o preço final da eletricidade quando diferentes políticas são implementadas, sejam a procura de eletricidade e o custo do fornecimento de eletricidade em grande escala, como a posteriori, o nível de imposto sobre o comércio de eletricidade e o nível de obrigação de economia de energia (OIKONOMOU, JEPMA, *et al.*, 2008).

5. FATORES GEOMETEOROLÓGICOS NA GERAÇÃO SOLAR

Fatores geográficos desempenham um papel importante na utilização da energia solar, tanto no Brasil quanto em qualquer outro país cuja incidência solar seja boa o suficiente para promover a geração solar. Esses fatores incluem a quantidade de luz solar disponível ao longo do ano, o ângulo do sol em relação à superfície, a quantidade de cobertura de nuvens e a intensidade da luz solar. Os locais ideais para a utilização de energia solar são áreas com muita luz solar direta, dias longos e baixos níveis de cobertura de nuvens, como acontece em países de latitudes entre os trópicos. O ângulo do sol em relação à superfície também é importante, pois as áreas mais inclinadas para o sol recebem mais energia; outros fatores geográficos, como altitude, latitude e condições ambientais, também podem afetar a eficiência da utilização da energia solar.

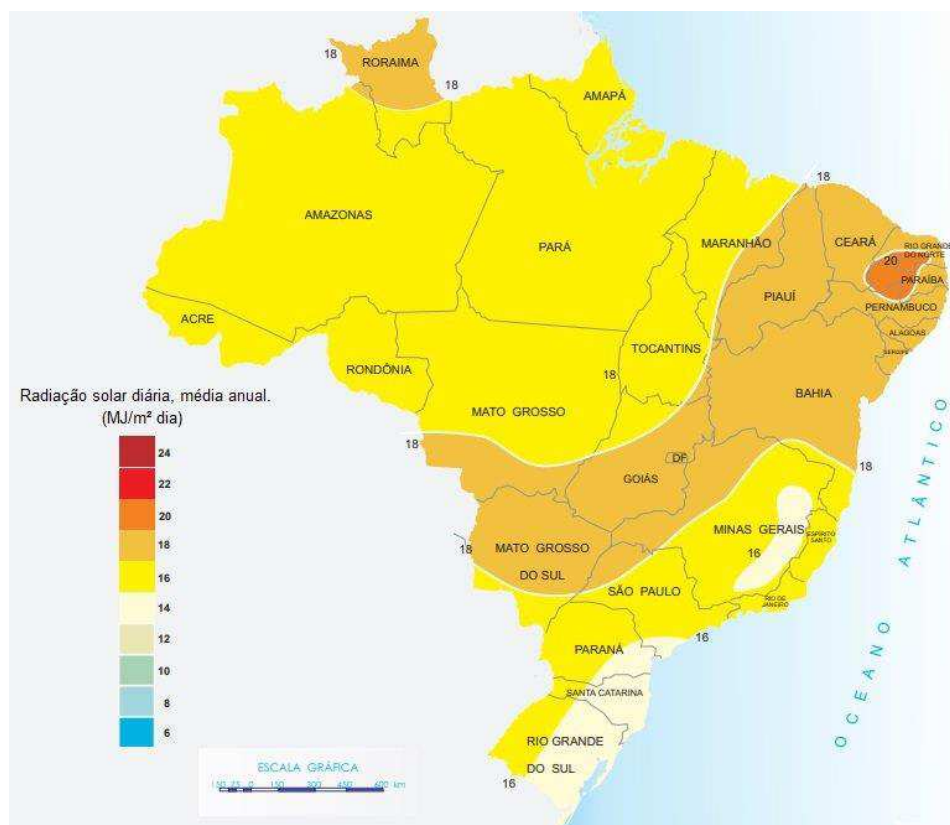
Fatores meteorológicos também desempenham um papel importante na utilização da energia solar, que incluem temperatura, velocidade do vento e umidade. Temperaturas mais altas levam a uma maior eficiência na utilização da energia solar, enquanto temperaturas mais baixas reduzem a eficiência (GGOS, 2023). A velocidade do vento também pode afetar a eficiência da utilização da energia solar, pois velocidades mais altas do vento podem causar turbulência e reduzir a captura de energia. Um outro aspecto que influencia no setor solar é o da latitude, que também se considera um fator importante na determinação da quantidade de energia solar disponível em uma determinada área. Em geral, quanto mais próxima uma área estiver do equador, mais energia solar estará disponível. Isso se deve ao fato de que os raios solares são mais diretos e intensos quanto mais próximo do equador. Por outro lado, áreas mais distantes do equador tendem a receber menos luz solar direta e menores quantidades de energia solar.

Os fatores geometeorológicos, combinados, são extremamente importantes para a geração de energia solar, devido a sua natureza peculiar de necessitar da radiação solar para gerar energia. Diferente da geração eólica, que pode encontrar correntes de ventos consistentes em diversas ocasiões do mesmo dia, a energia solar não possui essa virtude, uma vez que a necessidade de luz irradiante impede que a energia seja produzida constantemente (IEA, 2021). A utilização da energia solar é comumente aplicada em regiões cuja incidência solar é abundante, além disso, também é importante observar-se as estações do ano, principalmente o inverno, que corresponde à uma estação de menor incidência solar, “uma vez que o potencial para explorar qualquer oportunidade apresentada pela radiação solar depende diretamente do

período de luz do sol, então, durante o inverno, a viabilidade do potencial de energia solar diminui” (LIMA, 2016, p. 63).

Com o conhecimento desses fatores que detém as quantidades de insolação e radiação nas mais diversas localidades, somando-se às características da condição meteorológica e geográfica de um determinado local, obtém-se dados robustos suficientes para avaliar-se a quantidade de radiação que provavelmente chegará à superfície da placa solar. Como pode ser observado na figura 2, a faixa de máxima radiação no Brasil se estende do sul do Mato Grosso e de quase todo território do Mato Grosso do Sul, passando por Goiás e oeste de Minas Gerais, se estendendo por quase todo o território do nordeste brasileiro, com destaque para o sertão da Paraíba e Seridó do Rio Grande do Norte, onde a radiação solar diária na média anual atinge cerca de 20 megajoules por m².

Figura 2 – Mapa Solarimétrico do Brasil

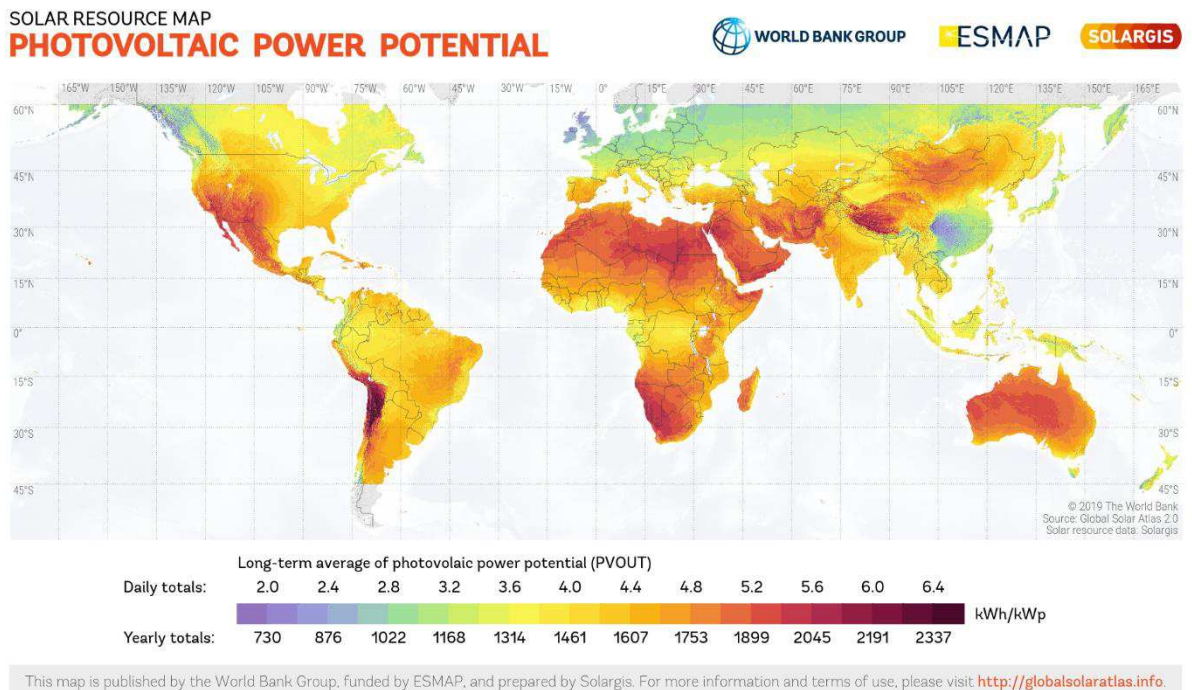


Fonte: (CHIGUERU TIBA, 2000)

O fator temperatura também influi na geração de energia, principalmente na tensão que é fornecida pelas placas, caso a temperatura seja baixa, as tensões serão mais altas, e se a temperatura for mais alta, tensões mais baixas serão constatadas (MAUAD, FERREIRA e

TRINDADE, 2017). A posição geográfica também é um dos fatores que influem na quantidade de irradiação recebida do sol, Campina Grande recebe, em média, 5,25 kWh/m² de radiação solar estando na posição L 7,22° S e L 35,87°O, próximo à linha do equador, isso é quase 1,00 kWh/m² a mais que a cidade de São Paulo, que registra 4,45 kWh/m² dia, estando a 23° S e 46°O (CRESESB, 2021). Conforme pode ser visto na figura 3, locais que estão nas mesmas faixas latitudinais possuem características geográficas e meteorológicas semelhantes, o que favorece a utilização de exemplos de países de mesma latitude nos processos de adoção de painéis fotovoltaicos.

Figura 3 – Mapa de latitudes e radiação solar



Fonte: (GLOBAL SOLAR ATLAS, 2023)

Como observado, o fator latitude é essencial na observação do desenvolvimento de fazendas solares e de geração fotovoltaica doméstica, notando que a latitude é fundamental nesse processo. De acordo com o Global Geodetic Observing System, a latitude geodésica ou elipsoidal é apresentada como a equivalência ao ângulo plano, de 0° a 90°, ao norte ou ao sul, que a normal forma com sua projeção sobre o plano do equador, com base no Polo de Referência Internacional (GGOS, 2023). O estudo de Chwieduk (2018) mostrou que na Polônia – país que se encontra entre as latitudes 50° e 60° no leste Europeu – a média da temperatura anual do ar ambiente é igual a 7,9 °C, e a irradiação solar global média anual está na faixa 950–1150 kW

h/m², e a média anual de horas de sol é de 1.600 horas. O mesmo estudo mostrou que a maior irradiação solar ocorre no mês de junho na capital, Varsóvia, os dados mostraram que em média a radiação solar gera quase 150 kWh/m² e a menor em dezembro e é igual a cerca de 11 kWh/m² (CHWIEDUK, 2018).

Um outro estudo conduzido por Mussard (2017) analisou diversos outros trabalhos nos quais a utilização fotovoltaica se deu em países de clima frio, a maioria em regiões latitudinais fora dos trópicos de câncer e capricórnio, o estudo abrange a Europa Central e do Norte, América do Norte, Turquia, Irã, China, Japão, Andes e Antártica. O que fora observado é que a adoção de placas solares fotovoltaicas também é vantajosa mesmo nos países de clima frio. A latitude e a orientação do sistema desempenham um papel importante, apesar de que pequenas variações nesses parâmetros possam levar a diferenças importantes (MUSSARD, 2017).

Na África do Sul, nas comunidades rurais da província de Limpopo, testes ao ar livre foram conduzidos para medir a energia solar radiação e outros fatores, a finalidade foi medir o potencial de produção fotovoltaica para fornecer energia elétrica para TV e rádio e outros pequenos aparatos nessas regiões rurais cujo acesso à energia elétrica é escasso. O estudo foi conduzido na Universidade de Venda, Thohoyandou, Província de Limpopo, África do Sul, latitude 22.95°S e longitude 30.48°E com um modelo de painel amorfo e cristalino (MALUTA e SANKARAN, 2011). Esse estudo mostrou resultados satisfatórios de acordo com a necessidade das comunidades evidenciadas, apesar da região estar fora da zona tropical, abaixo do trópico de capricórnio.

Na região Mediterrânea da França, dois estudos foram conduzidos em três parques solares diferentes, que estão localizados no sul da França – Os parques solares de La Calade, Pouzols-Minervois e Roquefort des Corbières – parques esses que estão em uma distância que varia de 10 a 30 km do outro (LAMBERT, BISCHOFF, *et al.*, 2021). Os parques possuem similaridades, a contar que estão fora dos trópicos, que se caracteriza pelo típico clima Mediterrâneo com invernos amenos e úmidos e verão com estiagem (LAMBERT, BISCHOFF, *et al.*, 2021). Nesses parques foram instaladas placas fotovoltaicas de células cristalinas fixadas no chão, a potência dos painéis varia de 180W a 260W; considerando que a média anual de luz solar é superior a 2.000 horas, a área dos três parques juntas possui 93.129 painéis fotovoltaicos (LAMBERT, BISCHOFF, *et al.*, 2021).

O estudo conduzido por Alzahrany et al (2022), observou que as barreiras para se implementar energia solar fotovoltaica no Reino da Arábia Saudita são um pouco mais

consistentes do que se esperava, entretanto, o trabalho identificou que a disponibilidade de irradiação solar teve o maior poder de direcionar os investimentos no setor, e que apenas 0,3% da luz solar incidente nos desertos da Arábia Saudita seria suficiente para atender a demanda de energia da Europa (ALZHRANY, KABIR e AL ZOHBI, 2022). Neste sentido, observa-se o potencial de um país do oriente médio, que se localiza abaixo da latitude 30°N, o que coaduna com o potencial de outros países do Oriente Médio, norte da África e Austrália.

Na Indonésia, a utilização da energia solar na geração de energia elétrica com finalidade de atender às necessidades de eletricidade no país é muito apropriada, tendo em vista a localização geográfica entre trópicos – na latitude -2° 32' 56.13" S e 10°S, precisamente – e com calor solar disponível durante todo o ano (HAMZAH, FIRMAN e DJALAL, 2022). No Chile, o uso de energia solar fotovoltaica como energia renovável foi direcionada à edifícios com o objetivo de mitigar o alto custo da energia elétrica e para reduzir a poluição associada à combustão de energias fósseis e madeira (LEÓN e BARRAZA, 2019). No Brasil, a região nordeste desponta como a mais propícia para geração de energia solar fotovoltaica, tendo em vista que o potencial de geração de eletricidade permeia os valores de 200 a 250 W/m² de potência contínua, o que possui equivalência à de 1752 a 2190 kWh/m² por ano de radiação incidente na região (MARQUES, KRAUTER e LIMA, 2009).

6. METODOLOGIA

A metodologia pode ser entendida como o processo usado nas pesquisas para analisar e apresentar informações em um trabalho de pesquisa, abrangendo os métodos de pesquisa utilizados, como fontes primárias e secundárias de pesquisa, e os meios pelos quais os dados foram coletados e analisados (TEMPORINI e PIOVESAN, 1995). Uma metodologia de pesquisa é usada para descrever o processo que foi seguido na pesquisa e inclui detalhes como o número de participantes, processo de amostragem e métodos usados para coletar dados. Usar uma metodologia científica é importante, pois permite que o pesquisador tenha uma abordagem sistemática e organizada para o que é pesquisado e apresente os resultados com precisão. Além disso, uma boa metodologia de pesquisa ajuda a garantir que os resultados sejam imparciais e livres de erros. Também ajuda o pesquisador a estabelecer a validade do estudo e a precisão dos resultados. Por fim, oferece uma oportunidade de revisão por pares, essencial para garantir a qualidade da pesquisa.

6.1 Métodos desta pesquisa

Nos métodos em que essa pesquisa se dispõe a ser executada, há previsão de utilização de diversos meios de obtenção de dados, tendo em vista que a investigação não se dará apenas por análise documental. O passo inicial metodológico se dá através da busca de termos que estejam conectados com o objeto de estudo, neste sentido, uma pesquisa bibliométrica foi conduzida inicialmente com o intuito de mensurar o tamanho da área de pesquisa nesse campo. Por conseguinte, a análise dos resultados dessa pesquisa foram de ótima valia para identificar as lacunas no campo de estudo, fazendo com que o direcionamento fosse mais efetivo e pudesse produzir resultados mais factíveis dentro dos parâmetros determinados.

Esta pesquisa consiste em um estudo exploratório, uma vez que há a necessidade de se explorar um tema cujo objeto é pouco conhecido ou desconhecido do público geral, “em outras palavras, a pesquisa exploratória, ou estudo exploratório, tem por objetivo conhecer a variável de estudo tal como se apresenta, seu significado e o contexto onde ela se insere” (TEMPORINI e PIOVESAN, 1995, p. 321). Deste modo, a utilização de formulários com perguntas pré-estabelecidas será conduzida nas 5 zonas da cidade, uma vez que a utilização de formulários é uma das técnicas de coleta de dados mais práticas e eficientes, se comparadas com entrevistas, por ser aplicável aos mais diversos segmentos da população e por possibilitar a obtenção de dados facilmente tabuláveis e quantificáveis (GIL, 2002).

Sob à ótica analítica desta pesquisa, o enquadramento dela é de cunho quanti-qualitativa devido à coleta de dados, uma vez que a série de informações coletadas de uma amostra residencial será o parâmetro de indução da pesquisa, ou seja, esses dados serão utilizados como norteadores da aplicabilidade das placas fotovoltaicas nas residências. Nos aspectos concernentes aos métodos de investigação, esta pesquisa é de cunho bibliográfico e, como aspecto condutor, essa pesquisa fará um levantamento, que é um tipo de ferramenta de coleta de dados usada para coletar informações sobre um determinado aspecto a ser investigado. Os levantamentos são compostos por um conjunto de perguntas que podem ser respondidas pelos participantes, muitas vezes usando um formato de múltipla escolha ou escala de classificação, eles geralmente são usados para estudar dados demográficos, comportamentos e outras características de uma população (GIL, 2002).

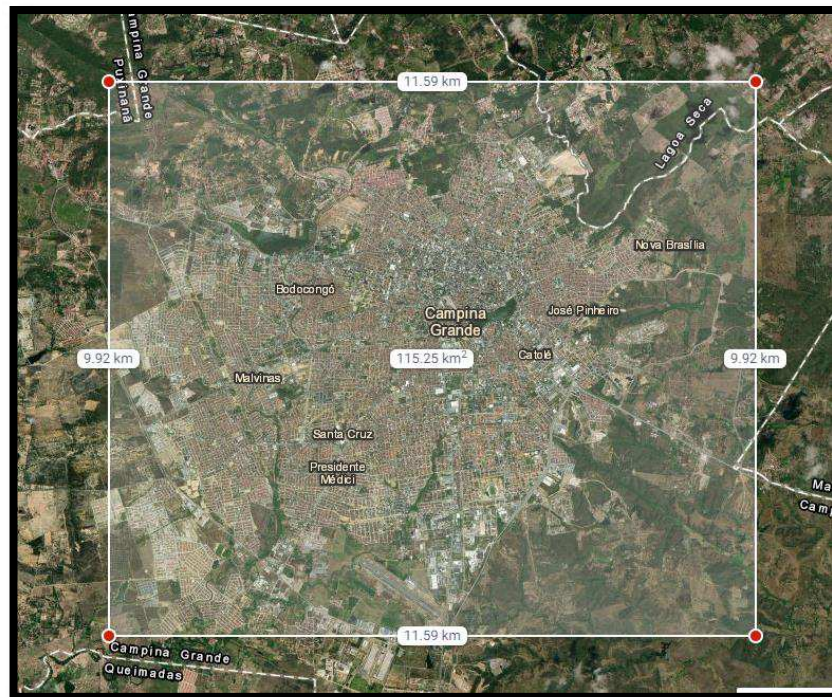
6.2 Área de Estudo

A área geográfica de um estudo corresponde à região no espaço físico onde o estudo é conduzido, podendo referir-se à região, cidade, bairro ou mesmo a um único quarteirão em que o estudo está sendo realizado. No contexto dessa pesquisa, a área geográfica é importante porque ajudará a contextualizar os dados e achados do estudo, permitindo comparações entre diferentes regiões ou áreas para analisar seu impacto sobre os sujeitos do estudo. Além disso, essa área, em um estudo, pode ajudar os pesquisadores a entenderem os desafios e oportunidades exclusivos de uma determinada região, conduzindo sobremaneira aos resultados que respondam aos objetivos da pesquisa.

Campina Grande, no estado da Paraíba, é uma cidade que possuía 147.149 residências na zona urbana (PARAIBA, 2023), uma área territorial de 591,6 km² sendo apenas 66,64 km² de perímetro urbano, e está localizada no planalto da Borborema, nas coordenadas L 7,22° S e L 35,87° O (IBGE, 2021). A cidade possui oficialmente 61 bairros e 3 distritos, e de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, a cidade possui cerca de 413.830 habitantes (2021). Segundo o mapa de classificação climática de Köppen-Geiger, atualizado por Kottek, Grieser *et al* (2006), Campina Grande está localizada em uma região árida, com verão majoritariamente seco, e com temperaturas áridas frias.

Neste aspecto, uma área de 115,25 km² será utilizada como campo de estudo, a determinação dessa área se dá em virtude da diferença entre o perímetro urbano da cidade e a área *de facto* da cidade, observando-se que existem centenas de residências no meio rural da cidade.

Figura 4 – Mapa delimitado de pesquisa da cidade de Campina Grande – PB.



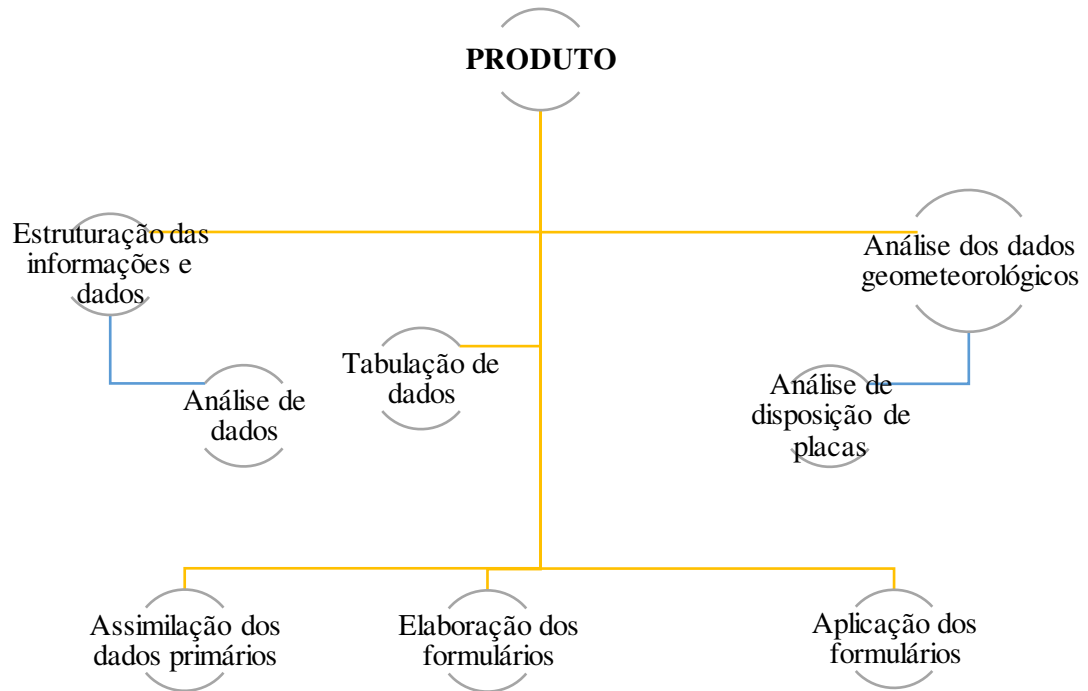
Fonte: Extração manual a partir de (GSA, 2023)

Essa delimitação plana geométrica não significa dizer que haverá interferência específica de agentes externos na coleta de dados, ou seja, essa delimitação serve apenas como um parâmetro global da área de onde sairão as respostas aos formulários. Essa observação é válida devido a possíveis inconsistências geográficas, dado que os distritos da cidade não estão incluídos nesta pesquisa, ainda que eles sejam legalmente parte da cidade de Campina Grande.

6.3 Coleta e Análise de dados

A coleta de dados é uma parte essencial de qualquer projeto de pesquisa, ela permite que os pesquisadores obtenham as informações necessárias para responder a uma variedade de perguntas, como como um determinado fenômeno funciona ou o que causa um determinado efeito. Sem dados, seria impossível medir e analisar com precisão para tirar conclusões válidas. A coleta de dados ajuda a garantir credibilidade e precisão, que são componentes essenciais de qualquer estudo de pesquisa bem-sucedido, além disso, os dados coletados podem servir de base para pesquisas adicionais e estudos futuros, dito isso, abaixo tem-se a representação de como essa pesquisa será executada, de maneira prática.

Figura 5 – Esquemática do fluxo investigativo da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria (2022)

O esquema acima representado representa os aspectos e caminhos a serem seguidos para a obtenção dos dados primários desta pesquisa, tendo em vista que os procedimentos elencados são de muita importância para o corpo do trabalho. Este estudo também pretende utilizar-se de uma amostra representativa dos domicílios de Campina Grande, por tanto, baseado nos métodos estatísticos, tem-se:

Equação 1 – Definição do tamanho da amostra

$$N = \frac{N \cdot n_0}{N + n}, \text{ sendo } n_0 = \frac{1}{E^2 \cdot 0}$$

Fonte: (MORETTIN e BUSSAB, 2017)

Deste modo, seguindo o raciocínio da equação, obteve-se uma amostra do consumo de energia de 600 residências, considerando um índice de confiança de 95% e a margem tolerável de erro de $\pm 4\%$. Após a análise dos dados obtidos na condução dos formulários, uma série de etapas se sucederão com o objetivo de atingir os objetivos da pesquisa.

Em relação à maneira como o levantamento foi feito, como mencionado anteriormente, um questionário simples foi elaborado e aplicado virtualmente. O questionário possui duas perguntas simples que requerem respostas diretas e objetivas:

- Essencialmente, e de maneira mais importante, foi necessário informar a média de consumo de eletricidade que é apresentado em conta de luz, na região meia-esquerda da fatura de consumo elétrico, essa média é referente aos últimos 12 meses de consumo da residência.
- O bairro em que o respondente reside e a quantidade de residentes.
- Não haverá identificação dos respondentes, números aleatórios serão utilizados apenas para identificar o formulário, e não o indivíduo que o respondeu.
- A tabulação de dados ocorreu de maneira sistemática, ou seja, os dados coletados foram separados de acordo com a característica comum deles, sendo separados por faixas e classes correspondentes.

7. O POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR: O CASO DE CAMPINA GRANDE

A mensuração de produção elétrica em painéis solares não pode ser definida como algo fixo, já que o fator de radiação solar não é o mesmo nas faixas de iluminação solar durante o dia e nem mesmo durante os meses do ano, além da área das placas solares também ser um fator na geração elétrica, e junto com isso, a quantidade de placas dispostas sobre a superfície também influi na quantidade de eletricidade gerada. Para a cidade de Campina Grande, adotar-se-á a utilização entre 2 e 4 placas solares apenas como um modelo básico para que haja comparação da produção desses painéis com o que de fato é consumido pelas residências aferido na média da amostra coletada. Após essa determinação, considera-se basicamente a formulação que corresponde a geração de energia elétrica solar como sendo: Energia = potência do módulo solar x tempo x (rendimento).

Considerando que existem diversos modelos de placas e o fato de as placas solares não necessitarem de mudança de ângulo em relação ao sol, exemplifica-se o caso utilizando as placas compostas de monocristais com 144 células, e potência máxima de 550 W, medindo 2,22m x 1,13m. Considera-se, então, que cada painel a ser instalado tenha 550W de potência e que a irradiação solar média na localidade seja de 4,5 kWh/m² (hipotético), com uma perda de 20%. Assim, obteve-se o cálculo de energia gerada por painel como próximo a 1,98 kWh/dia [550 x 4,5 x (1 - 0,20)]. No cálculo mensal, isso se reflete em 1,98 x 4 x 30 = 237,6 kWh/mês.

Para a Cidade de Campina Grande, cuja radiação atinge cerca de 5,25kWh/m², observa-se que a geração elétrica chegaria à possíveis 2,31 kWh/dia por placa, e um total de 277,2 kWh/mês no exemplo hipotético. Há de se convir que, genericamente, a medição dos 5,25kWh/m² é a média do que é apurado anualmente, pois como visto nas fundamentações, as horas de sol diárias mudam conforme os meses passam, o que se traduz em períodos com maior e menor radiação solar e, conseqüentemente, maior e menor produção elétrica.

8. O PERFIL DO CONSUMO ELÉTRICO DE CAMPINA GRANDE

O processo de coleta dos dados para a amostra rendeu exatamente 623 respostas ao formulário virtual enviado aos respondentes, das quais 6 (seis) respostas foram descartadas devido ao não pertencimento à área de estudo delimitada ou erro na digitação das respostas à questão apresentada, restando, portanto, 617 formulários cujas respostas são aproveitadas no estudo. Não houve modificação na margem de erro dessa amostra, ainda que o número de respondentes tenha sido um pouco superior ao número originalmente determinado, permanecendo então em 4% a mais ou a menos sobre o consumo médio aferido pela amostra. Nos aspectos globais da pesquisa, nenhum grande inconveniente ocorreu durante a coleta das respostas, e o resultado esteve dentro da perspectiva da metodologia.

A distribuição dos formulários ocorreu de forma heterogênea, dado que o maior número de bairros e a população da cidade de Campina Grande está concentrada nas regiões sul e oeste, de acordo com o IBGE. Desse modo, a concentração do envio de formulários e da captação de respostas se deu da seguinte forma: cerca de 75% para as regiões sul, oeste e central de forma conjunta, e cerca 25% para as regiões norte e leste, considerando as variações que porventura pudessem ocorrer dentro dessa distribuição. Essa divisão se deu devido à distribuição dos bairros nas 5 regiões da cidade, e como esperado, assim se deram os resultados dos formulários retornados com respostas:

Tabela 2 – Distribuição das respostas retornadas aos formulários enviados

Zona	Respostas retornadas	%
Central	69	11,2%
Leste	55	8,9%
Norte	83	13,5%
Oeste	199	32,3%
Sul	211	34,2%

Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Como resultado global, verificou-se que a média de consumo de energia elétrica na cidade de Campina Grande centrou-se em 147,1 kWh mensais, o que implica num consumo próximo de 1,76 Megawatt anualmente. Considerando-se a margem de erro de $\pm 4\%$ sobre o consumo, o consumo mensal pode situar-se entre 153 kWh na máxima e 141,2 kWh na mínima, sendo 1,83 Megawatt máximo e 1,70 Megawatt mínimo. Nesse contexto, tem-se que o consumo médio das residências de Campina Grande, dadas as condições de aplicação dos formulários, possui uma amplitude de aproximadamente 12 kWh, o que na prática traduz-se como uma

variação pontual no consumo. Inicialmente, os resultados encontrados mostram que a cidade possui um consumo médio relativamente alto, com certo grau de impacto na questão econômica.

Tabela 3 – Dados globais de consumo elétrico na cidade de Campina Grande.

Parâmetros	Totais
Média de Pessoas	2,68
Tarifa	R\$ 0,680
Média de Consumo kWh	147,16
Média +4%	153,04
Média -4%	141,27
Média diária 30D - kWh	4,91
Desvio padrão do consumo kWh	61,7
Consumo per capita kWh	54,9
Consumo anual kWh	1.765,90

Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Bem como o resultado global, também foi possível identificar os parâmetros de consumo por faixas, para facilitar a compreensão e interpretação dos valores, foram definidas faixas de 25 kWh iniciando-se da menor faixa de consumo registrada até a faixa que superava os 313 kWh, resultando no total de 12 faixas de consumo. A adoção do parâmetro de 25 kWh se deu na consideração da amplitude da margem de erro encontrada na amostra, ou seja, a partir do índice de amplitude de 12 kWh no intervalo de 4% para mais ou para menos, definiu-se o dobro dessa amplitude para que se fossem criadas as faixas de consumo. Para fins de comparação, uma TV pode consumir em torno de 30 kilowatts hora em trinta dias, o que retrata que a diferença de faixas de consumo elétrico próximas é apenas pontual. Esse critério é pouco influente nos resultados, servindo unicamente como parâmetro de divisão de dados e classificação de consumo elétrico.

O segundo critério é em virtude do desvio padrão da amostra, que é relativamente alto em comparação aos valores de médias encontradas, isso significa que os valores encontrados estão distantes da média, em virtude de a amostra apresentar certo grau de homogeneidade. Desse modo, dividir o consumo elétrico por faixas reduz consideravelmente o desvio padrão de cada faixa, mantendo-as próximas da média, facilitando a interpretação dos dados e reduzindo a possibilidade de erros. A tabela 4 apresenta as faixas de consumo elétrico e as suas respectivas

médias mensais, e conseqüentemente o tamanho proporcional da faixa dentro da amostra coletadas.

Tabela 4 – Distribuição das respostas de acordo com a faixa de consumo elétrico mensal.

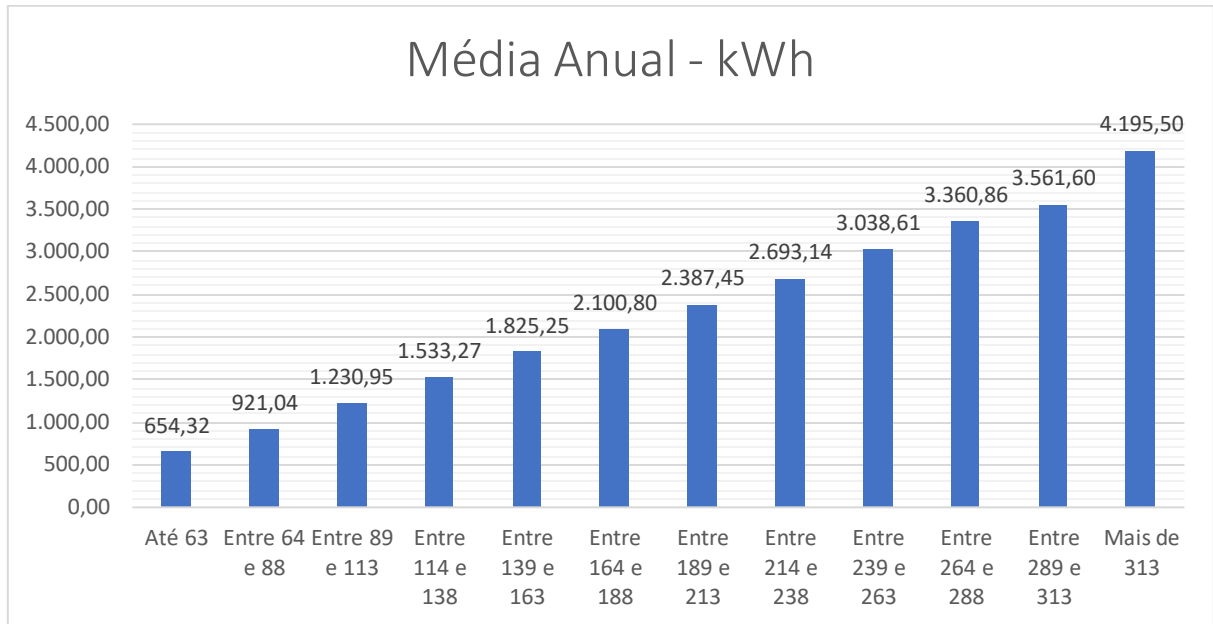
Faixas de Consumo	Amostra	Média de Consumo kWh	% da amostra
Até 63 kWh	38	54,5	6,15%
Entre 64 e 88 kWh	77	76,8	12,46%
Entre 89 e 113 kWh	88	102,6	14,24%
Entre 114 e 138 kWh	88	127,8	14,24%
Entre 139 e 163 kWh	125	152,1	20,23%
Entre 164 e 188 kWh	75	175,1	12,14%
Entre 189 e 213 kWh	43	199,0	7,12%
Entre 214 e 238 kWh	28	224,4	4,53%
Entre 239 e 263 kWh	23	253,2	3,72%
Entre 264 e 288 kWh	14	280,1	2,27%
Entre 289 e 313 kWh	10	296,8	1,62%
Mais de 313 kWh	8	349,6	1,29%

Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Como observado, a maioria das respostas se concentram entre 64 kWh e 188 kWh mensais, ou seja, 73,3% dos respondentes possuem o consumo elétrico em faixas da base até o meio da tabela, com destaque para a faixa que corresponde ao consumo entre 139 kWh e 163 kWh, faixa essa que possui o maior número de consumidores cuja média de consumo elétrico mensal é de 152,1 kWh, se aproximando da média global da amostra – 147,1 kWh -. Em situação oposta encontra-se a faixa de consumo elétrico superior a 313 kWh, cuja média de consumo mensal é de 349,6 kWh, e o volume de respostas dessa faixa, na prática, corresponde a menos de 2% da amostra.

Quando se observam os padrões de consumo apresentados na tabela 4, verifica-se que as mesmas similaridades ocorrem quando a generalização é feita para o consumo anual. É importante que essa generalização seja feita pois o parâmetro do aspecto econômico será baseado nessa premissa. Apenas a título de comparação, a média de consumo da faixa superior – acima de 313 kWh – é 2,2 vezes maior que a média de consumo anual da faixa com maior representatividade na amostra, faixa que corresponde ao consumo de 139 kWh até 168 kWh.

Gráfico 3 – Média de consumo anual de energia elétrica por faixas – kWh.



Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Como pode ser notado, ainda que a frequência de respostas das classes entre 139 kWh e 168 kWh seja a maior, não quer dizer que seja ela a maior consumidora de energia elétrica no montante final. Logicamente, quanto maior a média de consumo, maior será a média de consumo anual e o consumo total, entretanto, a depender da quantidade de imóveis em cada faixa de consumo e em cada região da cidade, o consumo total será inteiramente diferente na projeção. Abaixo, pode-se observar a divisão nas cinco zonas da cidade e seus respectivos dados.

Tabela 5 – Dados segmentados por região da cidade de Campina Grande.

Parâmetros	Leste	Norte	Central	Oeste	Zona Sul
Média de Pessoas	2,69	2,94	2,39	2,54	2,81
Média de Consumo kWh	149,60	190,64	153,19	137,07	143,09
Média +4%	155,58	198,26	159,32	142,55	148,82
Média -4%	143,62	183,01	147,06	131,59	137,37
Média diária 30D - kWh	4,99	6,35	5,11	4,57	4,77
Des. Pad. do consumo kWh	69,5	76,3	37,6	46,3	64,3
Consumo per capita kWh	55,6	64,8	64,1	54,0	50,9
Consumo anual kWh	1.795,20	2.287,66	1.838,26	1.644,83	1.717,13

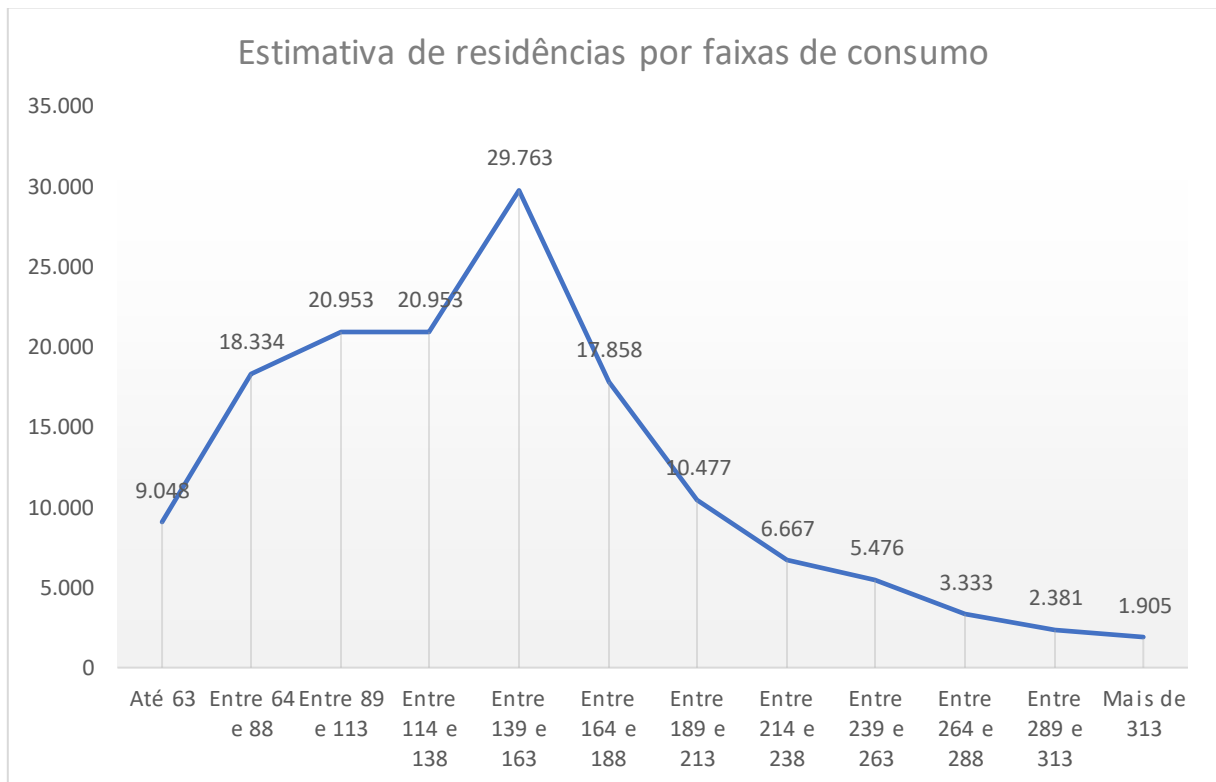
Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Notadamente, pode-se observar a diferença dos padrões de consumo médio nas cinco zonas da cidade, com destaque para o mínimo médio da zona oeste da cidade – 137 kWh – e para o máximo médio da zona norte da cidade – 190,6 kWh – o que representa uma diferença

de pouco mais de 50 kWh entre as regiões, o que na prática representa o consumo de mais eletrodomésticos ou consumo extensivo de determinados aparelhos elétricos. É importante observar que o consumo per capita das regiões apresenta variações consideráveis, sendo as residências da zona sul as de menor média per capita, em torno de 50,9 kWh, quase 14 kWh a menos que o consumo per capita da zona norte, cujo consumo per capita é em torno de 64,8 kWh.

No aspecto anual, nota-se que as regiões sul e oeste estão abaixo da média global de consumo, enquanto as regiões centrais, leste e norte possuem o consumo anual de energia elétrica acima da média global, com destaque para a região norte, cuja média de consumo anual supera em 520 kWh a média global. Dadas essas informações, parte-se então para a projeção de domicílios em cada faixa de consumo determinada anteriormente, salientando-se que a projeção varia em 4% para mais ou para menos.

Gráfico 4 – Projeção do quantitativo de residências por faixas de consumo elétrico.



Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Conforme é ilustrado no gráfico 4, a maioria das residências – pouco mais de 20% – se encontra na faixa de consumo entre 139 kWh e 163 kWh, com uma projeção de aproximadamente 29,7 mil residências, enquanto a maior faixa de consumo elétrico tem a

projeção de pouco menos de 2 mil residências. As faixas de 89 kWh até 133 kWh, e 114 kWh até 138 kWh possuem aparentemente a mesma quantidade de residências em suas respectivas classes, com valores próximos de 21 mil residências cada. A partir da faixa de consumo entre 164 kWh e 188 kWh, nota-se um decréscimo no número de residências, observando-se que deste ponto em diante a projeção do total de residências com consumo elétrico superior à 164 kWh representa pouco mais de 32% do total de residências da cidade, ou em números, aproximadamente 48 mil unidades consumidoras.

Também é importante observar o aspecto financeiro no consumo de energia elétrica na cidade de Campina Grande, a considerar que esse fator desempenha um papel fundamental na economia das residências e é peça central quando se trata do implemento de placas solares. A tarifa praticada na cidade é de 0,6022 centavos por kWh, tarifa que será considerada para os cálculos desta pesquisa, com exceção do quadro comparativo com as tarifas praticadas mediante adoção de impostos e reajustes. Abaixo, uma perspectiva do quadro relativo ao aspecto financeiro no consumo elétrico de Campina Grande aferido na amostra.

Tabela 6 – Aspectos financeiros no consumo elétrico de Campina Grande.

Parâmetros	Geral	Leste	Norte	Centro	Oeste	Sul
Média Consumo kWh	147,16	149,60	190,64	153,19	137,07	143,09
Tarifa	R\$ 0,6022					
TUSD	R\$ 0,3660					
TE	R\$ 0,2362					
Média tarifária	R\$ 88,62	R\$ 90,09	R\$ 114,80	R\$ 92,25	R\$ 82,54	R\$ 86,17
Média TUSD	R\$ 53,85	R\$ 54,75	R\$ 69,76	R\$ 56,06	R\$ 50,16	R\$ 52,37
Média TE	R\$ 34,76	R\$ 35,34	R\$ 45,04	R\$ 36,19	R\$ 32,38	R\$ 33,80
Projeção de faturamento	R\$ 121,75	R\$ 123,77	R\$ 157,72	R\$ 126,74	R\$ 113,40	R\$ 118,39
Anual - TUSD	R\$ 646,23	R\$ 656,95	R\$ 837,17	R\$ 672,71	R\$ 601,93	R\$ 628,39
Anual - TE	R\$ 417,18	R\$ 424,10	R\$ 540,44	R\$ 434,27	R\$ 388,58	R\$ 405,66
Faturamento Total	R\$ 1.460,99	R\$ 1.485,23	R\$ 1.892,66	R\$ 1.520,85	R\$ 1.360,82	R\$ 1.420,64

Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

É possível notar que o que ocorre com o padrão consumo de energia elétrica também se repete com os montantes pagos na média mensal e na média anual. Isso ocorre porque basicamente a tarifa praticada é única, com exceção das residências que são classificadas como

baixa renda, estas possuem uma tarifa inferior as demais. Na tabela, os valores mais importantes e essenciais dentro da pesquisa estão representadas em forma de projeção e remetem às médias faturadas totais, é essa a média que é paga pelos consumidores à concessionária de energia elétrica, cuja composição envolve todas as tarifas diretas e indiretas sobre o consumo e perda de eletricidade.

De acordo com os dados do IBGE de 2022, que constatou que a renda média dos trabalhadores formais da cidade girava em torno de dois salários-mínimos (2.200,00 R\$ à época), constata-se que a proporção do que é paga no consumo elétrico corresponde aproximadamente a 5,5% do salário na média geral, totalizando quase 1.500,00 R\$ em um período de doze meses móveis. No contexto geral, a expressão do que é pago pelos consumidores na conta de energia não é essencialmente sobre o consumo de eletricidade, havendo outras taxas e adições no valor tarifário praticado na cidade pela concessionária.

Na Tabela 7, a faixa média que corresponde à TUSD – Tarifa de utilização do sistema de distribuição, corresponde ao que é pago pelos consumidores residenciais pela utilização da rede desde a conexão com a rede de transmissão até a própria residência, esses valores são diluídos no quantitativo de unidades consumidoras totais, ou seja, quanto mais consumidores cativos a concessionária tem, menor é o impacto dessa tarifa no total final da conta de energia elétrica.

Ainda na Tabela 7, a faixa correspondente à TE – Tarifa de energia, corresponde ao que de fato é pago pelos consumidores à concessionária de energia elétrica, valor que representa menos da metade da tarifa praticada na cidade. Ainda na mesma Tabela 7, os valores correspondentes à faixa média tarifária são valores antes de impostos e taxas, isto é, valores que não contam com o imposto sobre circulação de mercadorias e serviços, tributos federais, taxa de iluminação pública, e possíveis bandeiras tarifárias praticadas em períodos de escassez hídrica. Em contrapartida, a faixa de projeção de faturamento considera a razão da média dos valores finais das contas de energia elétrica pela quantidade de eletricidade consumida, considerando que os valores referentes as taxas e impostos são fixas, mas flexíveis, variando seus valores de acordo com o consumo mensal de cada residência.

Na Tabela 7, pode-se verificar a projeção do que é pago pelas residências ao longo de doze meses móveis, com base na amostra coletada. A classificação segue em faixas de consumo, com a projeção de consumo total, o valor pago em TUSD e TE, bem como os valores totais pagos antes de impostos e taxas. Para melhor comparação e apresentação dos dados, o quantitativo do consumo das faixas é expresso em MW, unidade que representa 1000 kW. A

adoção dessa medida se faz necessária para melhor expressão dos valores, uma vez que os dados apresentados caso fossem expressos em kWh, estariam retratados na classe dos milhões. Para se chegar as estimativas, os valores da média anual de consumo de cada classe (*média mensal x 12*) foi multiplicado pela projeção da quantidade de residências em cada faixa (*proporção dos formulários respondidos por classe x quantidade total de residências na cidade*), daí então, os valores obtidos foram multiplicados pelas tarifas respectivas⁴, obtendo-se os valores de TUSD e TE, além dos valores totais de cada faixa.

Tabela 7 – Projeção do montante pago sobre o consumo de eletricidade em Campina Grande

Faixas - kWh	Média Anual MWH	Projeção MWH	TUSD	TE	Total
Até 63	0,654	5.920,25	R\$ 2.166.514,44	R\$ 1.398.599,19	R\$ 3.565.113,63
Entre 64 e 88	0,921	16.886,42	R\$ 6.179.585,11	R\$ 3.989.247,68	R\$ 10.168.832,79
Entre 89 e 113	1,231	25.792,51	R\$ 9.438.767,31	R\$ 6.093.221,45	R\$ 15.531.988,77
Entre 114 e 138	1,533	32.127,06	R\$ 11.756.895,94	R\$ 7.589.695,58	R\$ 19.346.591,53
Entre 139 e 163	1,825	54.325,12	R\$ 19.880.279,49	R\$ 12.833.767,53	R\$ 32.714.047,02
Entre 164 e 188	2,101	37.515,85	R\$ 13.728.925,98	R\$ 8.862.744,84	R\$ 22.591.670,82
Entre 189 e 213	2,387	25.012,47	R\$ 9.153.314,40	R\$ 5.908.946,56	R\$ 15.062.260,96
Entre 214 e 238	2,693	17.955,04	R\$ 6.570.645,15	R\$ 4.241.697,53	R\$ 10.812.342,68
Entre 239 e 263	3,039	16.640,69	R\$ 6.089.662,22	R\$ 3.931.197,71	R\$ 10.020.859,93
Entre 264 e 288	3,361	11.203,32	R\$ 4.099.856,72	R\$ 2.646.673,46	R\$ 6.746.530,18
Entre 289 e 313	3,562	8.480,35	R\$ 3.103.385,55	R\$ 2.003.398,83	R\$ 5.106.784,39
Mais de 313	4,196	7.991,76	R\$ 2.924.585,37	R\$ 1.887.973,90	R\$ 4.812.559,28

Fonte: Elaboração própria, 12/2023

Estima-se que o setor residencial tenha consumido aproximadamente 259 mil Megawatts-hora em um período de doze meses, compreendidos de janeiro a dezembro de 2023, na cidade de Campina Grande. Em comparação com o que foi consumido anualmente no estado da Paraíba no ano de 2022 apenas no setor residencial, isso representa aproximadamente 11% do consumo total da classe – o consumo do estado no setor foi de 2.306 MW (EPE; MME,

⁴ Ver tabela 7 – Aspectos financeiros no consumo elétrico de Campina Grande.

2022) –, demonstrando quão robusta é a classe residencial na cidade perante o restante do estado. Ainda na tabela 8, observa-se que a classe consumidora residencial pagou aproximadamente 156 milhões de reais antes de impostos e taxas à concessionária de energia elétrica no período entre janeiro e dezembro de 2023. Desse montante, aproximadamente 61,3 milhões de reais é referente a tarifa de energia consumida apenas, os outros 95 milhões de reais são referentes à TUSD. É importante que ressaltar que esses valores são projeções, sendo indiferentes à quantidade de residências cadastradas como baixa-renda, nem descontando as residências que já adotam o uso de placas solares, seja em microgeração distribuída ou sistema isolado.

9. O FATOR ECONÔMICO NO IMPLEMENTO DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Inicialmente, o primeiro fator a considerar-se é a produção de eletricidade em função dos meses do ano e em função da quantidade de placas solares fotovoltaicas adotadas, e partindo desse princípio, apresentar-se-ão os valores comparativos de economia mediante a quantidade de placas adotadas nos doze meses do ano. Adota-se, portanto, o HDS como *horas diárias de sol*, e o Δ HDS como a *variação de horas diárias de sol* em relação a janeiro e dezembro, meses em que há maior média de horas de sol por dia. Essa variação incide sobre a capacidade de as placas gerarem eletricidade mês a mês, o que contribui diretamente na totalização do que pode ser produzido em um ano.

Tabela 8 – Variação da geração fotovoltaica em função dos meses e quantidade de placas.

Mês	HSD	Δ HSD	W	kWh/m ²	Painéis - Geração kWh			
					1	2	3	4
Jan	12,5	100,0%	550	5,25	69,3	138,6	207,9	277,2
Fev	12,3	98,4%			68,2	136,4	204,6	272,8
Mar	12,1	96,8%			67,1	134,2	201,2	268,3
Abr	11,9	95,2%			66,0	131,9	197,9	263,9
Mai	11,8	94,4%			65,4	130,8	196,3	261,7
Jun	11,7	93,6%			64,9	129,7	194,6	259,5
Jul	11,7	93,6%			64,9	129,7	194,6	259,5
Ago	11,9	95,2%			66,0	131,9	197,9	263,9
Set	12,1	96,8%			67,1	134,2	201,2	268,3
Out	12,3	98,4%			68,2	136,4	204,6	272,8
Nov	12,4	99,2%			68,7	137,5	206,2	275,0
Dez	12,5	100,0%			69,3	138,6	207,9	277,2
Total					804,99	1.609,98	2.414,97	3.219,96

Fonte: Elaboração própria baseada em (ABSOLAR, 2023) (CRESESEB, 2021) (GSA, 2023)

Com base na observação do que é projetado na Tabela 8, pode-se então comparar os dados de geração anual em comparação com o consumo anual das residências, destacando a evolução mediante a quantidade de placas solares fotovoltaicas que forem instaladas. Nesse aspecto, o primeiro ponto a ser observado no confronto *produção X consumo* é o fator de simultaneidade, que corresponde a toda energia elétrica que é gerada e consumida sem a necessidade de ser injetada na rede distribuidora. Se uma residência está produzindo 270 watt-hora e está consumindo 200 watt-hora, o fator de simultaneidade é de 74%, ou seja, 74% da eletricidade produzida está sendo consumida e não necessita complemento da rede externa, em contrapartida, 26% da eletricidade produzida está sendo injetada na rede externa, gerando

créditos. Esse aspecto será analisado economicamente mais à frente, mas a ideia de trazê-lo neste momento é oportuna.

Uma vez observada a geração de eletricidade mediante os meses do ano e a quantidade de placas solares fotovoltaicas, ver-se-á o comparativo de consumo e produção de eletricidade com base na média de produção total. Salienta-se que valores positivos na tabela representam excedente de eletricidade injetada na rede externa, valores negativos indicam déficit de eletricidade e necessidade de complemento através da rede externa.

Tabela 9 – Consumo *versus* Produção de eletricidade mediante quantitativo de placas solares.

Faixas - kWh	Consumo	Produção - kWh (déficit/superávit)			
	Média	1	2	3	4
Até 63	54,5	12,6	79,6	146,7	213,8
Entre 64 e 88	76,8	-9,7	57,4	124,5	191,6
Entre 89 e 113	102,6	-35,5	31,6	98,7	165,8
Entre 114 e 138	127,8	-60,7	6,4	73,5	140,6
Entre 139 e 163	152,1	-85,0	-17,9	49,1	116,2
Entre 164 e 188	175,1	-108,0	-40,9	26,2	93,3
Entre 189 e 213	199,0	-131,9	-64,8	2,3	69,4
Entre 214 e 238	224,4	-157,3	-90,3	-23,2	43,9
Entre 239 e 263	253,2	-186,1	-119,1	-52,0	15,1
Entre 264 e 288	280,1	-213,0	-145,9	-78,8	-11,7
Entre 289 e 313	296,8	-229,7	-162,6	-95,6	-28,5
Mais de 313	349,6	-282,5	-215,5	-148,4	-81,3

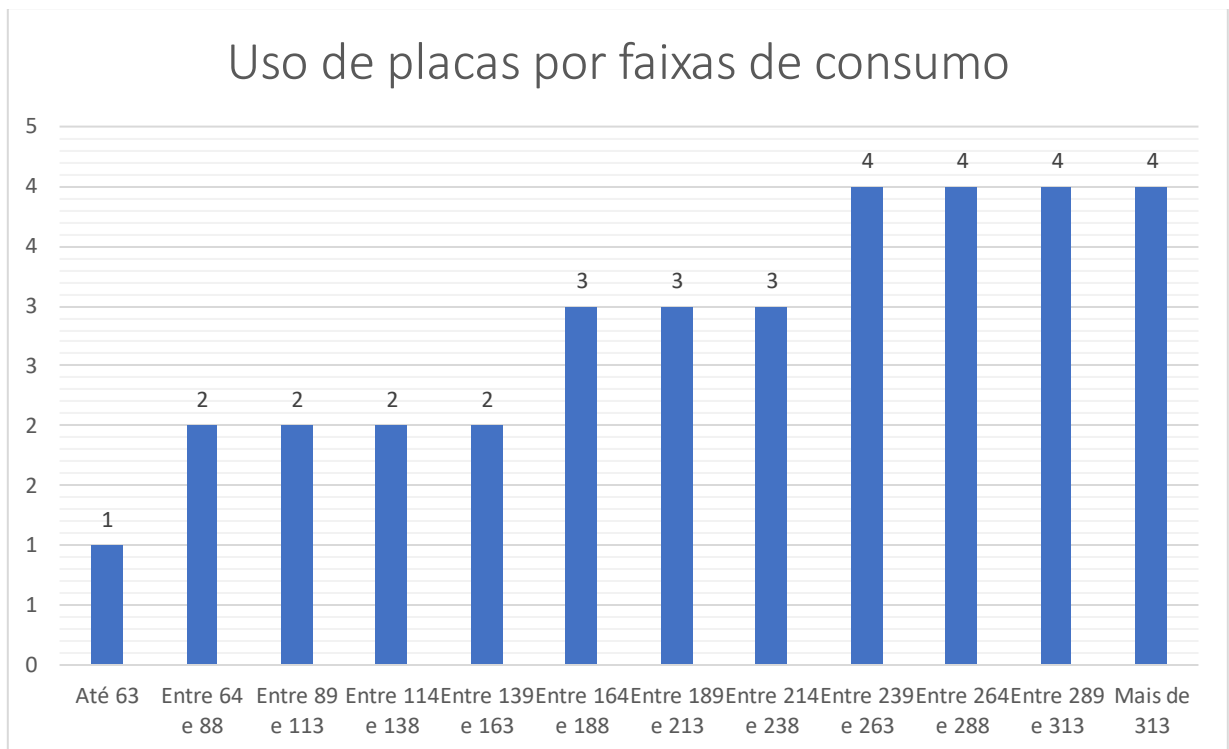
Fonte: Elaboração própria, 12/2023

Como é notado, a utilização de apenas um módulo solar fotovoltaico pode suprir as necessidades apenas das residências que consomem até 63 kWh, cuja média aferida ficou em torno de 54,5 kWh, resultando em uma injeção mensal um pouco maior que 12 kWh na rede externa, valores que não consideram o fator de simultaneidade, enquanto as outras faixas estariam operando em déficit e necessitando de injeção elétrica proveniente da rede externa. Quando o comparativo é feito com a instalação de dois módulos fotovoltaicos, as faixas que se estendem até o consumo de 138 kWh também passariam a produzir excedente de eletricidade, com as demais faixas em um nível menor de déficit elétrico, mas ainda assim necessitando de carga elétrica da rede externa

As projeções se mantêm para a adoção de três e quatro placas, sendo a última a que mais geraria excedentes de eletricidade para a rede externa e apenas as faixas com consumo superior à 264 kWh é que teriam necessidade de complemento por parte da rede externa. Com base nessa

perspectiva que alguns ajustes serão feitos para que as projeções se aproximem o máximo da realidade. O primeiro ponto é entender que o fator de simultaneidade essencialmente precisa ser próximo de 100%, uma vez que quanto maior a injeção de eletricidade na rede externa, maior será a cobrança de TUSD Fio b sobre esse montante, para tanto, a forma como a utilização das placas eventualmente seria disposta segue da seguinte maneira:

Gráfico 5 – Projeção do uso de placas por faixas de consumo



Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Essa distribuição visa conciliar as médias de consumo por faixas com a produção de eletricidade suficiente para suprir as necessidades das residências e evitar o maior nível de injeção de eletricidade na rede externa, ou que, caso haja, ela seja a menor possível. Uma outra possibilidade dentro do arranjo de placas, é que as residências adotem sincronia de utilização de eletrodomésticos para que o índice de simultaneidade seja o mais próximo de 100% ou que haja baterias para que a eletricidade seja acumulada para uso posterior, em um momento em que não haja geração de eletricidade pelas placas fotovoltaicas.

A seguir, segue-se a projeção com base em uma residência da cidade de Campina Grande adotando a utilização de placas solares, sendo a distribuição feita de acordo com o tamanho dos subconjuntos das faixas de consumo. Nessa projeção, se considera serem utilizadas duas faixas de consumo: FP – faixa produtiva, que se estende das 8:00 às 17:30 e a

FD – faixa de déficit, que vai as 17:31 às 7:59, sendo considerado hipoteticamente cerca de 60% do consumo elétrico na faixa FD e 40% na faixa FP.

Tabela 10 – Projeção de consumo e geração considerando simultaneidade

Consumo - Geração kWh				
Faixas kWh	FD	FP	Geração	Exportação
Até 63	398,0	265,4	816,2	550,8
Entre 64 e 88	560,3	373,5	1.632,3	1.258,8
Entre 89 e 113	748,8	499,2	1.632,3	1.133,1
Entre 114 e 138	932,7	621,8	1.632,3	1.010,5
Entre 139 e 163	1.110,4	740,2	2.448,5	1.708,3
Entre 164 e 188	1.278,0	852,0	2.448,5	1.596,5
Entre 189 e 213	1.452,4	968,2	2.448,5	1.480,3
Entre 214 e 238	1.638,3	1.092,2	3.264,7	2.172,5
Entre 239 e 263	1.848,5	1.232,3	3.264,7	2.032,4
Entre 264 e 288	2.044,5	1.363,0	3.264,7	1.901,7
Entre 289 e 313	2.166,6	1.444,4	3.264,7	1.820,3
Mais de 313	2.552,3	1.701,5	3.264,7	1.563,2

Fonte: Elaboração própria, 12/2023

Notadamente, há excedente de eletricidade em todas as projeções adotadas, desde a projeção com uma placa fotovoltaica para a primeira faixa, quanto para a última faixa de consumo com a adoção de quatro placas fotovoltaicas. Isso ocorre devido o fator de simultaneidade no consumo ser relativamente baixo, o que favorece a exportação de eletricidade mesmo em horários em que a produção atinge seus vales mais baixos. De acordo com as informações na tabela, a faixa de déficit de eletricidade apresenta maior consumo elétrico pois é nessa faixa onde os eletrodomésticos que mais consomem eletricidade são ativados, desde chuveiros elétricos até ventiladores e ar-condicionado, além dos utensílios que geram calor como ferro de passar, micro-ondas e outros utensílios de menor expressão, além dos eletrodomésticos que ficam em stand-by durante a noite e das lâmpadas para iluminar o ambiente.

Diferentemente, a faixa produtiva apresenta menor consumo, já que é considerado o horário em que os residentes geralmente não estão em casa, constando apenas o consumo de eletrodomésticos que naturalmente estão em seu uso constante, como é o caso do refrigerador, cujo ciclo de refrigeração ocorre sempre quando há um aumento na temperatura interna do

aparelho. Além desta, também pode se observar o uso de TVs em modo de espera, e outros aparelhos menores

O próximo cenário é relativo ao que seria pago em eletricidade mensalmente com o uso das placas e sem o uso de placas solares fotovoltaicas, destacando o que é pago com taxa de disponibilidade – tarifa paga mesmo que não haja consumo elétrico, apenas pelo fato de a eletricidade estar disponível para consumo a qualquer momento – e com a tarifa TUSD Fio B, tarifa paga pela utilização do sistema elétrico para injeção de eletricidade no sistema elétrico externo à unidade consumidora.

Tabela 11 – Valor da fatura de eletricidade com a utilização de placas fotovoltaicas.

Faixas - kWh	30%	45%	60%	75%	90%
	2024	2025	2026	2027	2028
Até 63	R\$ 3,43	R\$ 5,15	R\$ 6,86	R\$ 8,58	R\$ 10,29
Entre 64 e 88	R\$ 7,84	R\$ 11,76	R\$ 15,68	R\$ 19,60	R\$ 23,52
Entre 89 e 113	R\$ 7,06	R\$ 10,59	R\$ 14,11	R\$ 17,64	R\$ 21,17
Entre 114 e 138	R\$ 6,29	R\$ 9,44	R\$ 12,59	R\$ 15,73	R\$ 18,88
Entre 139 e 163	R\$ 10,64	R\$ 15,96	R\$ 21,28	R\$ 26,60	R\$ 31,92
Entre 164 e 188	R\$ 9,94	R\$ 14,91	R\$ 19,89	R\$ 24,86	R\$ 29,83
Entre 189 e 213	R\$ 9,22	R\$ 13,83	R\$ 18,44	R\$ 23,05	R\$ 27,66
Entre 214 e 238	R\$ 13,53	R\$ 20,29	R\$ 27,06	R\$ 33,82	R\$ 40,59
Entre 239 e 263	R\$ 12,66	R\$ 18,99	R\$ 25,31	R\$ 31,64	R\$ 37,97
Entre 264 e 288	R\$ 11,84	R\$ 17,76	R\$ 23,69	R\$ 29,61	R\$ 35,53
Entre 289 e 313	R\$ 11,34	R\$ 17,00	R\$ 22,67	R\$ 28,34	R\$ 34,01
Mais de 313	R\$ 9,74	R\$ 14,60	R\$ 19,47	R\$ 24,34	R\$ 29,21

Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Na ilustração da Tabela 11, os valores observados são referentes apenas ao fato de a eletricidade excedente gerada ter sido injetada na rede externa, ela não reflete o valor final da fatura de energia elétrica pois ainda deve ser considerado o consumo da residência mediante a compensação do que foi consumido no montante do que foi produzido pelas placas solares. É observado que não há um valor fixo em cada faixa de consumo, e alguns valores reduzem-se mesmo em faixas com consumo elétrico maior do que a faixa imediatamente anterior, como é o caso da faixa 164-188 e 189-213 que possuem valores pagos em TUSD Fio B inferiores à faixa imediatamente anterior. Outro destaque necessário é sobre o percentual da TUSD Fio B que é paga ano após ano, já que após a lei 14.300, haverá cobrança gradual de 15% no ano de 2023, dobrando de percentual (30%, 45%, 60%...) até o ano de 2028, a partir do ano de 2029, novas regras serão definidas pela ANEEL.

É importante observar que os valores são substancialmente baixos, pelo fato que o que é cobrado sobre essa injeção na rede elétrica externa corresponde à uma parcela bem pequena da TUSD. Mesmo que essa cobrança exista, não inviabiliza sobremaneira a opção por utilizar placas solares fotovoltaicas, dado que a esse aspecto não corresponde à 100% do que os consumidores pagarão no final. O próximo cenário observado é relativo ao excedente efetivo entre o que seria produzido e consumido de eletricidade caso 10% das unidades consumidoras da cidade optassem pela utilização das placas solares fotovoltaicas, com distribuição do percentual de acordo com o proporcional quantitativo de residências por faixas de consumo.

Tabela 12 – Excedente efetivo anual na hipótese de 10% das UC com placas solares.

Excedente - MWh						
Faixas de Consumo kWh	UC	2024	2025	2026	2027	2028
Até 63	452	249,2	236,7	224,9	213,6	203,0
Entre 64 e 88	1.833	2.307,9	2.192,5	2.082,9	1.978,7	1.879,8
Entre 89 e 113	2.305	2.611,7	2.481,1	2.357,0	2.239,2	2.127,2
Entre 114 e 138	2.305	2.329,1	2.212,6	2.102,0	1.996,9	1.897,1
Entre 139 e 163	4.464	7.626,5	7.245,2	6.882,9	6.538,8	6.211,8
Entre 164 e 188	2.143	3.421,2	3.250,2	3.087,7	2.933,3	2.786,6
Entre 189 e 213	629	930,5	884,0	839,8	797,8	757,9
Entre 214 e 238	300	651,8	619,2	588,2	558,8	530,9
Entre 239 e 263	203	411,8	391,2	371,7	353,1	335,4
Entre 264 e 288	73	139,5	132,5	125,9	119,6	113,6
Entre 289 e 313	36	65,0	61,8	58,7	55,7	53,0
Mais de 313	19	29,8	28,3	26,9	25,5	24,3
Totais	14.762	20.774	19.735	18.748	17.811	16.920

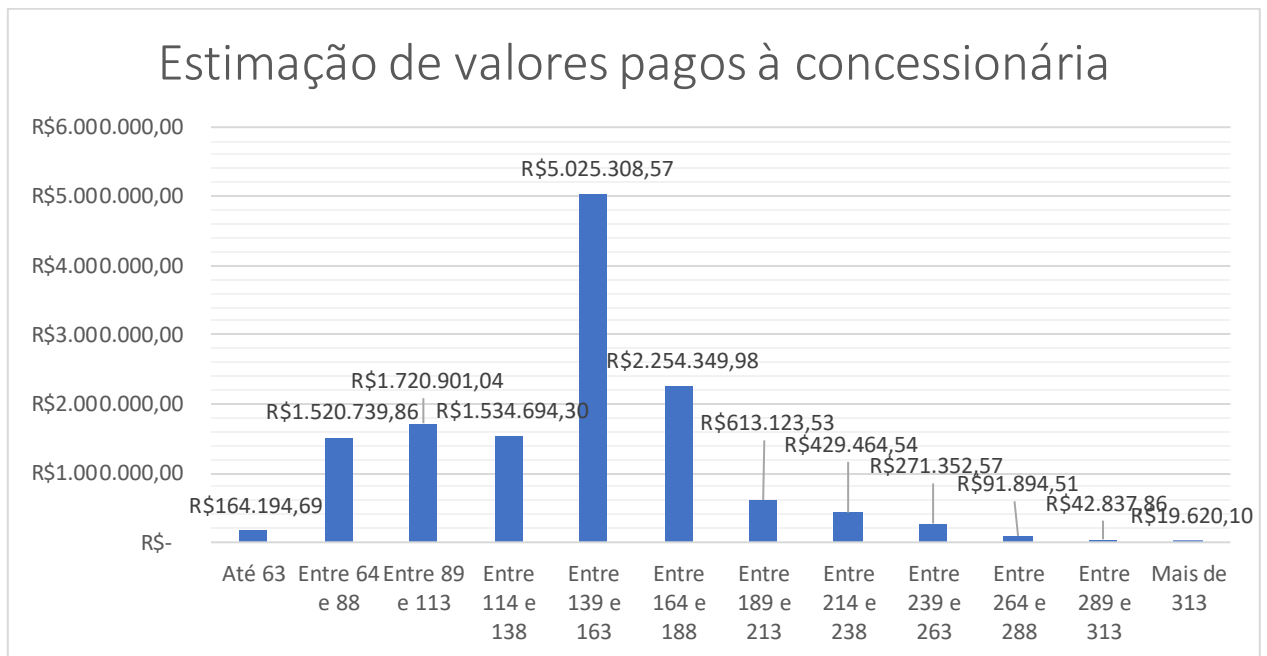
Fonte: Elaboração própria, 12/2023

Para a projeção dos anos seguintes ao de 2024, projetou-se que o consumo das unidades consumidoras variasse +5% em relação ao ano imediatamente anterior, circunstâncias onde se assumem a troca de eletrodomésticos para uso mais intensivo, compra de outros eletrodomésticos antes inexistentes na residência, ampliações nas residências cujo final resulte em um consumo maior de eletricidade e outros fatores menores, mas também importantes, como a ocorrência de eventos climáticos que exijam o uso de equipamentos geradores de frio ou calor, cujo consumo elétrico é maior perante outros utensílios domésticos. Se na hipótese de pelo menos 10% das residências da cidade de Campina Grande adotassem placas solares, ignorando o fato de outras residências já possuírem o aparato, a injeção de excedente de eletricidade na rede externa poderia chegar à quase 94 mil MWh nos cinco anos projetados,

representando aproximadamente 7% do consumo projetado da cidade no mesmo período de cinco anos.

No mesmo intervalo de tempo, os valores pagos pelas unidades consumidoras à concessionária de energia elétrica também alcançam valores significativos, embora haja decréscimo do excedente injetado na rede elétrica, os valores pagos seriam sempre superiores ao ano imediatamente anterior devido à legislação vigente, cujo último ano de transição previsto data para 2029. Abaixo, a projeção do que eventualmente seria pago ao longo dos cinco anos projetados, com destaque para a classificação feita de acordo com as faixas de consumo.

Gráfico 6 – Estimação de valores pagos à concessionária de energia elétrica

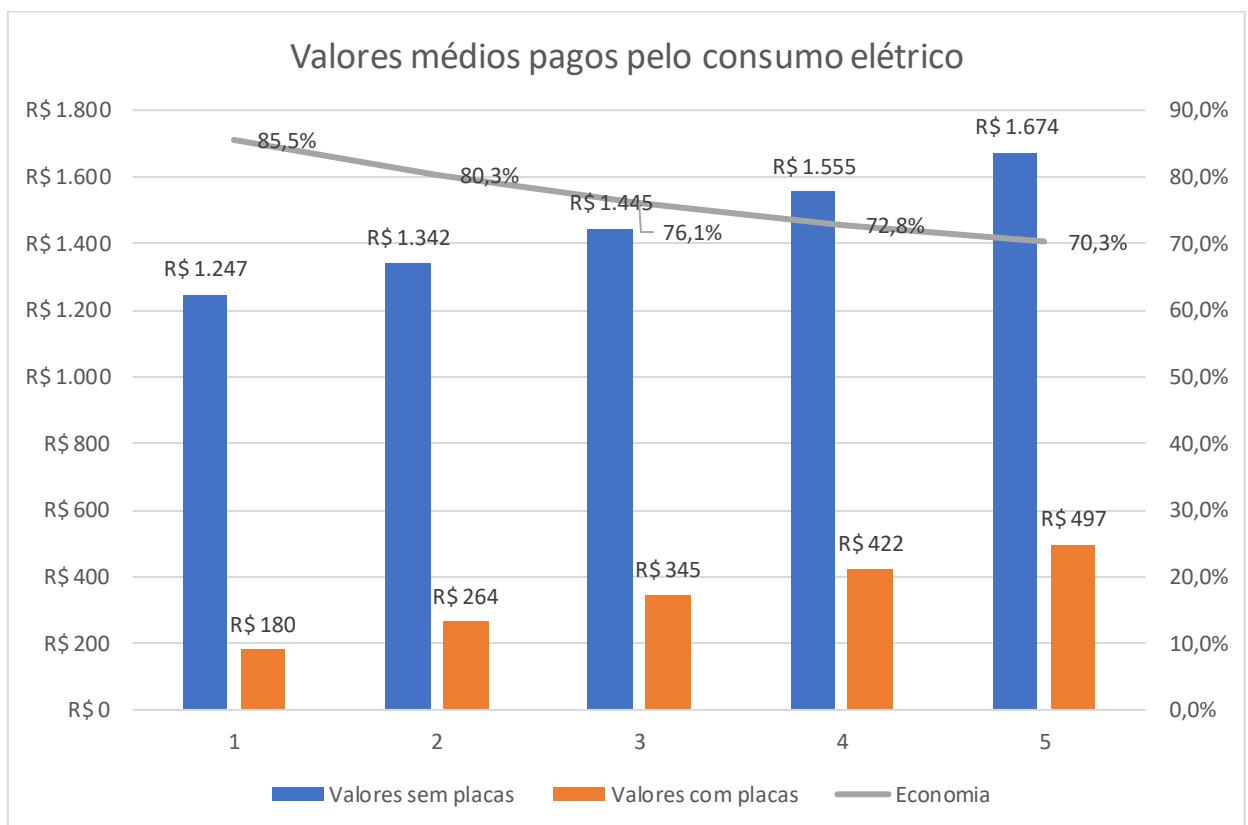


Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

Como é possível observar, os valores acima representam o montante pagos apenas em valores de TUSD Fio B, parcela paga apenas sobre exportação de eletricidade. Das faixas de consumo, a que mais pagaria sobre a utilização da rede é a correspondente a 139-163 kWh, faixa inclusive que possui o maior número de residências tanto com base na amostra quanto na projeção à 10%. No contexto geral, seriam pagos aproximadamente 13,6 milhões de reais sobre o excedente gerado de eletricidade no período de cinco anos, esses valores representam muito pouco sobre o que de fato seria pago pelas unidades consumidoras caso elas não utilizassem placas solares fotovoltaicas, esse cenário é simulado a seguir, onde há uma comparação entre o que seria pago com placas solares e sem placas solares.

A generalização feita leva em consideração apenas a parcela das residências que optassem por utilizar placas solares, em contraste com a mesma parcela que utilizasse apenas eletricidade da rede externa. No comparativo, o período de observação é o mesmo – cinco anos a contar de 2024 –, a hipótese leva em consideração um aumento médio de 1,75% no consumo, também se considera um aumento médio na produção de eletricidade da ordem de 3% ano a ano, e uma variação no autoconsumo da ordem de 5% no mesmo modelo dos setores anteriores; por fim, aplica-se a variação da tarifa cobrada sobre a parcela da TUSD Fio B de acordo com as norma da ANEEL, adotando a premissa de haveria um reajuste anual de 4,5% na tarifa de eletricidade, e que todas as unidades consumidoras dessa hipótese não possuam direito adquirido – placas instaladas antes da lei 14.300 – e considerando que todas as residências optem pela instalação das placas em 2024.

Gráfico 7 – Comparativo econômico com 10% das UC com placas solares.



Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

No Gráfico 7, o modelo adotado e simulado utilizou-se da parcela de 14.762 residências distribuídas proporcionalmente de acordo com as faixas de consumo, os valores refletem o que seria pago na fatura de energia elétrica com a suposição de que os impostos e taxas sejam

próximos de 23,65% – 20% de ICMS, 3% de COFINS e 0,65% de PIS, em valores médios –, salientando que esses valores são variáveis sobre o consumo e que para se chegar a um valor exato, deveriam ser mensurados um a um para chegar-se aos valores próximos da exatidão. Considera-se no exemplo hipotético que a tarifa com placas é composta da cobrança sobre a TUSD Fio B + taxa de compensação, que corresponde à diferença do que seria cobrado pela empresa pelo fornecimento de energia no período de déficit e dos valores que seriam compensados pelo que foi injetado na rede externa.

Tabela 13 – Aspectos globais da utilização de placas solares em 10% das UCs.

	2024	2025	2026	2027	2028
Consumo MWh	24.723	25.465	26.229	27.016	27.826
Geração MWh	20.774	20.982	21.191	21.403	21.617
Autoconsumo MWh	9.889	10.384	10.903	11.448	12.020
Exportação MWh	20.774	19.735	18.748	17.811	16.920
Consumo registrado MWh	14.834	15.081	15.326	15.568	15.806
Consumo Tarifado normal	R\$ 8.932.830	R\$ 9.490.388	R\$ 10.078.410	R\$ 10.698.048	R\$ 11.350.421
Tarifa abatida	R\$ 7.824.234	R\$ 7.799.778	R\$ 7.787.681	R\$ 7.789.474	R\$ 7.806.758
Parcela FioB	R\$ 1.552.518	R\$ 2.212.338	R\$ 2.802.295	R\$ 3.327.725	R\$ 3.793.606
Valores anuais sem placas	R\$ 1.247	R\$ 1.342	R\$ 1.445	R\$ 1.555	R\$ 1.674
Valores anuais com placas	R\$ 180	R\$ 264	R\$ 345	R\$ 422	R\$ 497
Economia	85,5%	80,3%	76,1%	72,8%	70,3%

Fonte: Elaboração própria, 12/2023.

A projeção acima apresenta resultado positivo no tocante a utilização de placas solares fotovoltaicas em rede doméstica, ainda que os valores comparativos tendam a reduzir-se ao longo do tempo, pois não é possível apreciar caso a caso e fazer uma projeção única que agregue todas as residências. Na tabela abaixo, uma perspectiva de como evoluiria alguns aspectos básicos como consumo, produção, injeção de eletricidade na rede externa, valores referentes à tarifas pagas e abatidas, e também sobre a TUSD Fio B cobrada na injeção da eletricidade na rede externa.

Como é possível observar acima, as variações na projeção apresentada ao longo dos cinco anos analisados são pequenas, mas representam uma economia substancial nas contas de energia elétrica dos consumidores. É possível observar que quanto maior a razão entre o a energia exportada e o consumo registrado no medidor, maior será a economia dos

consumidores, em contrapartida, se há uma grande necessidade de injeção de eletricidade nas unidades consumidoras, maior será a fatura a ser paga no fim do período de consumo mensal aferido pela concessionária. Deste modo, é importante destacar que ao gerar sua própria eletricidade, os residentes das unidades consumidoras podem reduzir significativamente ou até eliminar suas contas de energia, dependendo do tamanho do sistema e do consumo de energia praticado mês a mês, e permite maior independência elétrica para residências, como pode ser observado na evolução ano a ano na hipótese acima.

CONCLUSÕES

Os processos de empreendimentos em energia renovável ao redor do mundo, nos últimos anos, têm se mostrado devidamente robustos e promissores nas mais diversas esferas econômicas e nos mais diversos níveis de aplicabilidade, sempre buscando alternativas para se enquadrar e adequar as barreiras que surgem naturalmente ou por imposição, e isso não é diferente no Brasil. Na cidade de Campina Grande, foi possível observar que existe de fato um grande potencial de geração solar fotovoltaica e que essa geração é constante ao longo das mudanças de tempo ocorridas todos os anos, isso é dizer que independentemente das variações em virtude das estações do ano, o fator de geração solar na cidade tende a mudar muito sutilmente. Isso ocorre devido à posição geográfica da cidade, que a favorece de tal maneira que nem mesmo grandes mudanças pontuais em dias específicos – sejam dias chuvosos ou muito nublados – sejam suficientes para reduzir a produção elétrica no setor solar fotovoltaico.

Às vezes, possuir uma boa localização em um ponto geográfico para um determinado evento é essencial para o sucesso do que quer que seja implementado. Na cidade de Campina Grande, o fator geográfico determinadamente apresenta um papel fundamental na geração de eletricidade solar, como foi perceptível ao decorrer da pesquisa. A composição de fator geográfico + fatores meteorológicos na geração de energia solar fotovoltaica na cidade desempenham uma performance importante em comparação com cidades em outras latitudes no Brasil, e isso, comprovadamente, auxilia sobremaneira no potencial da cidade como um polo de geração solar no estado da Paraíba e na região nordeste. Logicamente, toda a produção de eletricidade estaria sujeita a quantidade placas solares adotadas, bem como a disposição sobre a área das residências, fatores esses que se limitam ao quesito técnico, cujo mérito não foi observado nessa pesquisa.

Quando observados os dados de produção e consumo faixa a faixa, observou-se que existem favorabilidades e desfavorabilidades para algumas faixas. Essencialmente, a adoção de placas solares para residências que consomem até 63 kWh mensais pode ser algo potencialmente benéfico, uma vez que com apenas uma placa solar pode-se obter eletricidade suficiente para todas as demandas domésticas diárias, ainda que seja necessária a injeção de eletricidade pela rede externa, no fim do mês de consumo haverá um pequeno crédito que barateará o consumo. Nas demais faixas, especificamente nas faixas entre 100-168 kWh mensais, a adoção de placas solares apresenta bons resultados, ainda que a necessidade de ajustes no consumo elétrico durante o dia seja necessária, pois o sincronismo de simultaneidade

é essencial para reduzir a injeção de eletricidade na rede elétrica e reduzir o consumo elétrico em horário de déficit, ou seja, ter-se o menor consumo elétrico durante a noite. Para isso, algumas atividades devem ser feitas durante do dia, como lavar e passar roupas, armazenar comida em temperatura ambiente na geladeira ou utilizar quaisquer outros aparelhos que necessitem gerar calor ou requeiram mais eletricidade para funcionar.

No aspecto geral para as unidades consumidoras, a Campina Grande apresentou consumo muito próximo nas faixas de consumo, onde grande parte desse consumo se concentra na faixa entre 100 kWh e 189 kWh mensais. Quando se observam os dados da cidade de maneira agrupada, a média de consumo mensal se aproxima muito do que é a média de consumo no Nordeste segundo a ANEEL, e isso corrobora que o perfil dessas residências apresenta poucas ou quase nenhuma diferenças na composição dos aparelhos domésticos. Esses fatores induzem a inferência de que a pesquisa seguiu o caminho correto e que os dados de fato representam a realidade, reduzindo o risco de enviesamento nos dados e nas conclusões sobre o resultado encontrado. Considera-se, portanto, que a adoção de placas solares fotovoltaicas nas residências de Campina Grande é viável economicamente, além de ajudar a reduzir o consumo de eletricidade provenientes de outras fontes que possivelmente possam ser poluidoras.

No aspecto geral para a concessionária, o implemento das placas solares pode significar uma alternativa à compra de eletricidade de outras fontes mais distantes das unidades consumidoras, apresentando uma economia em alguns setores e principalmente no tocante ao pagamento de tarifas sobre utilização de redes de transmissão. Além deste ponto, esse implemento pode significar uma redução de problemas com cortes de energia elétrica em determinados momentos, contribuindo para a modificação do aspecto elétrico da cidade e fazendo com que se adequem ao modelo de “cidades inteligentes” no quesito de eletricidade. Em contrapartida, a adoção do sistema fotovoltaico nas residências da cidade poria em cheque diversos mecanismos econômicos da concessionária de eletricidade, já que a empresa não saberia especificamente a necessidade de contratação de eletricidade para balancear o sistema elétrico na cidade, tendo então problemas com diferenças de tensões na rede elétrica, risco de grandes volumes de eletricidade injetados na rede externa e possivelmente riscos de cortes de energia elétrica por desconexão preventiva do sistema.

Em todo caso, a adoção de placas solares em rede doméstica da cidade de Campina Grande pode apresentar grandes avanços na economia das famílias, pois em virtude da geração das próprias placas, o que seria pago no fim do mês seria referente a valores irrisórios. Convém dizer que, pontualmente, a adoção desse sistema favoreceria às residências uma a uma, de forma

unitária, e favoreceria as residências como um todo já que o consumo delas se assemelham fortemente; salientando que quanto maior o consumo de uma residência, mais placas fotovoltaicas seriam necessárias para suprir a necessidade de dada unidade consumidora. Por outro lado, ainda que haja o benefício econômico para a concessionária de energia elétrica, onde ela reduziria a aquisição de eletricidade de fontes potencialmente poluidoras e mais distantes das unidades consumidoras, acarretando em maiores perdas de eletricidade e mais tarifas pagas sobre a estrutura utilizada, o ponto negativo paira sobre a incerteza da quantidade de eletricidade gerada e injetada de fato pelas residências, o que causaria transtorno ao equalizar a oferta e demanda de eletricidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSOLAR. Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. **ABSOLAR**, 2021. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 09 Jan 2021.
- ABSOLAR. Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. **Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica**, Mar 2023. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 17 Março 2023.
- ALZHRANY, Abdullah; KABIR, Golam; AL ZOHBI, Gaydaa. Evaluation of the barriers to and drivers of the implementation of solar energy in Saudi Arabia. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, 11 April 2022. 543-558. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509.2022.2053759>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- ANDRADE, G A. et al. A practical NMPC with robustness of stability applied to distributed solar power plants. **Solar Energy**, 92, 2012. 106 - 122. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X13000789>>.
- ANEEL. Resolução Normativa nº 414/2010. **Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica**, Brasília, 2010.
- ANEEL. Resolução Normativa nº 482. **Cedoc**, 17 Abr 2012.
- BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004. **Comercialização de energia elétrica**, Brasília, DF, Mar 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/L10.848compilado.htm>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. **Marco legal da microgeração e minigeração distribuída**, Brasília, DF, Jan 2022. Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- CAPORALE, Guglielmo M.; SPAGNOLO, Nicola; ALMAJALI, Awon. Connectedness between fossil and renewable energy stock indices: The impact of the COP policies. **Economic Modelling**, Dec 2022. 106273. Acesso em: Jan 2024.
- CHIGUERU TIBA. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. UFPE. Recife, p. 116. 2000. (621.31244).
- CHWIEDUK, Dorota. Impact of solar energy on the energy balance of attic rooms in high latitude countries. **Applied Thermal Engineering**, 136, 18 May 2018. 548-559. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135943111830406X?via%3Dihub>>. Acesso em: 30 apr 2023.
- COHEN, Jed J.; ELBAKIDZE, Levan; JACKSON, Randall. Interstate protectionism: the case of solar renewable energy credits. **American Journal of Agricultural Economics**, 29 July 2021. 717-738. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ajae.12248>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- CRESESB. Potencial Solar - SunData v 3.0. **Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito**, 2021. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: Jan 2021.
- EPE. Empresa de Pesquisa Elétrica. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**, 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 1 setembro 2021.
- EPE; MME. **BEN - Relatório Síntese - Ano base 2022**. [S.l.]. 2022.
- FREIRE, Anderson I.; FONTGALLAND, Isabel L. Perspectivas e desafios econômicos da geração de energia eólica na região Nordeste. **Research, Society and Development**, 11, n. 1, 16 jan. 2022. e58911125429.
- GGOS, Global G. O. S. How can the Earth's surface be represented? **GGOS - Global Geodetic Observing System**, 2023. Disponível em: <<https://ggos.org/item/dem-digital-elevation-model/#learn-this>>. Acesso em: 04 May 2023.

- GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição. ed.
- GLOBAL SOLAR ATLAS. Global Solar Atlas. **Map and data download**, 2023. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/download/world>>. Acesso em: 10 May 2023.
- GOMES NETO, Leonardo; MASSA, Adilson; FLORIAN, Fabiana. Estudo do Sistema fotovoltaico on-grid e off-grid. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 9, n. 000187, p. 14, Dez 2019. ISSN 2236-6717. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/estudo-do-sistema-fotovoltaico-grid-e-grid>>. Acesso em: Jan 2022.
- GREENVOLT. Diferenças entre o solar on grid e o solar off grid. **GreenVolt**, 2021. Disponível em: <<https://greenvolt.com.br/diferencas-entre-o-solar-on-grid-e-o-solar-off-grid/>>. Acesso em: 09 Jan 2021.
- GSA. Global Solar Atlas - Wind Solar Atlas - Energydata.Info. **PV Study**, 2023. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/map?c=-7.234849,-35.893021,13&m=site&a=-35.943146,-7.277336,-35.943146,-7.188101,-35.838089,-7.188101,-35.838089,-7.277336,-35.943146,-7.277336>>. Acesso em: 25 May 2023.
- HAMZAH, Nur; FIRMAN, Firman; DJALAL, Muhammad R. Characteristic Analysis of Solar Panels on Clay and Ceramic Roof Tiles. **Przegląd Elektrotechniczny**, Nov 2022. 39-45. Acesso em: May 2023.
- HEFFRON, R et al. Justice in solar energy development. **Solar Energy**, April 2021. 68-75. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X21000980>>. Acesso em: 15 mar 2023.
- IBGE. Cidades e Estados - Campina Grande. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/campina-grande.html>>. Acesso em: Jan 2022.
- IBGE. IBGE Cidades. **IBGE Cidades - Panorama**, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>>. Acesso em: May 2023.
- IEA. Renewables 2021 - Analysis and Forecasts to 2026. **IEA**, Jan 2021. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/5ae32253-7409-4f9a-a91d-1493ffb9777a/Renewables2021-Analysisandforecastto2026.pdf>>. Acesso em: 09 Jan 2021.
- IEA, Internation E. A. Fuels and Technology - Electricity. **Internation Energy Agence**, 2023. Disponível em: <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>>. Acesso em: 15 May 2023.
- KOTTEK, Markus et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, Stuttgart, v. 15, n. 3, p. 259-263, Jun 2006.
- LAMBERT, Quentin et al. Effects of solar park construction and solar panels on soil quality, microclimate, CO2 effluxes, and vegetation under a Mediterranean climate. **Land Degradation & Development**, 32, n. 18, 22 Sep 2021. 5190-5202. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.4101>>. Acesso em: 07 May 2023.
- LEÓN, Esteban Z.; BARRAZA, Cristian C. Adaptability of photovoltaic mono-polycrystalline solar panels and photovoltaic roof tiles on dwelling roofs of real estate developments. **Revista de la Construcción**, Santiago, 18, 2019. 42-53. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-915X2019000100042&lng=en&nrm=i>. Acesso em: abr 2023.
- LIMA, Juaceli A. D. **Análise da viabilidade da geração híbrida de energia solar e eólica no nordeste Brasileiro**. Universidade Federal de Campina Grande - CTRN. Campina Grande, p. 139. 2016.
- LOPES, M A. R.; ANTUNES, C H.; MARTINS, N. Energy behaviours as promoters of energy efficiency: A 21st century review. **Renewable and Sustainable energy reviews**, Coimbra, 2012. 4095-4104. Acesso em: Jan 2024.

- MALUTA, Eric; SANKARAN, Vaithianathaswami. Outdoor testing of amorphous and crystalline silicon solar panels at Thohoyandou. **Journal of Energy in Southern Africa**, Cape Town, 2011. 16-22. Disponível em: <http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1021-447X2011000300003>. Acesso em: 04 May 2023.
- MARQUES, Rubéria C.; KRAUTER, Stefan C. W.; LIMA, Lutero C. D. Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro. **Revista Tecnologia Fortaleza**, 30, dez 2009. 153-162. Disponível em: <<https://ojs.unifor.br/tec/article/view/1049#:~:text=Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20%20C3%A9%20a,diversos%20estados%20do%20Nordeste%20brasileiro.>>. Acesso em: abr 2023.
- MAUAD, Frederico Fábio; FERREIRA, Luciana D. C.; TRINDADE, Tatiana C. G. **Energia renovável no Brasil: Análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras.**
- MELO, Francisco Rafael F.; PESTANA, Fernando Augusto B.; FLORIAN, Fabiana. Geração de energia solar fotovoltaica - Estudo do impacto de payback em uma residência de alto padrão aplicando-se as modificações propostas na resolução da ANEEL 482/2012. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, n. 000187, Dez 2019. ISSN 2236-6717. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/geracao-de-energia-solar-fotovoltaica-estudo-do-impacto-do-payback-em-uma-residencia-de-alto>>. Acesso em: Jan 2022.
- MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton O. **Estatística Básica**. 9ª. ed.
- MUSSARD, Maxime. Solar energy under cold climatic conditions: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2 March 2017. 733-745. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez292.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1364032117303258?via%3Dihub>>. Acesso em: 27 apr 2023.
- NOVAS, Nuria et al. Advances in Solar Energy towards Efficient and Sustainable Energy. **Sustainability**, 26 May 2021. 6295. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/6295>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- NUNES, Áila Miracles G. S.; SILVA, Rosilene C. D. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, Lázaro M. Energia Solar: Energia Solar no estado do Tocantins. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, n. 000167, Mai 2019. ISSN 2236-6717. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/energia-e-meio-ambiente-energia-solar-no-estado-do-tocantins>>. Acesso em: Jan 2022.
- OIKONOMOU, Vlasis et al. White certificates for energy efficiency improvement with energy taxes: A theoretical economic model. **Energy Economics**, 2008. 3044-3062. Acesso em: jan 2024.
- ONS. **Boletim Mensal de Geração Solar Fotovoltáica**. Operador Nacional do Sistema Elétrico. [S.l.], p. 26. 2021.
- ONS. Sumário executivo 2021 PAR|PEL, Brasília, p. 69, 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Sumario%20Executivo_PARPEL_2021.pdf>. Acesso em: 09 maio 2022.
- PARAIBA, Jornal D. Campina Grande tem crescimento de quase 10% no número de moradores em 12 anos. **Jornal da Paraíba**, 2023. Disponível em: <<https://jornaldaparaiba.com.br/economia/campina-grande-tem-crescimento-de-quase-10-no-numero-de-moradores-em-12-anos/>>. Acesso em: Dez 2023.
- PETERS, Glen P. Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. **Current opinion in environmental sustainability**, Oslo, Jun 2010. 245-250.
- POTHITOU, Mary et al. A framework for targeting household energy savings through habitual behavioural change. **International Journal of Sustainable**, 2014. 686-700. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/loi/gsol20>>. Acesso em: Jan 2024.
- QUEIROZ, Jamerson V. et al. Barriers to expand solar photovoltaic energy in Brazil. **Independent Journal of Management and Production**, 01 December 2020. 2357-2378.

- Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/31061>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- SANHUEZA, Sergio Manuel R.; FREITAS, Stefani Caroline L. Overvoltage Forecast in a Urban Distribution Power Grid Considering PV Systems Connection. **IEEE Latin America Transactions**, 16, 2018. 2221-2227. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8528238>>.
- SANTANA, Edvaldo A. D. Questões fundamentais para o estudo da economia de escala do setor elétrico brasileiro. **Textos de Economia**, Florianópolis, 4, n. 1, 1993. 53-62. Acesso em: Jan 2024.
- SILVA, Luzilene S. et al. Avaliação de custo benefício da utilização de energia fotovoltaica. **RCT - Revista de Ciência e tecnologia**, Belém - PA, v. 5, n. 9, p. 12, 2019. ISSN 2447-7028.
- SIMPSON, Genevieve. Looking beyond incentives: the role of champions in the social acceptance of residential solar energy in regional Australian communities. **The International Journal of Justice and Sustainability**, 18 Oct 2017. 127-143. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13549839.2017.1391187?journalCode=cloe20>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- SIRIUS, Energia. 8 tipos de painéis solares para gerar energia fotovoltaica. **Sirius**, abr. 2023. Disponível em: <<https://energiasirius.com/tipos-de-paineis-solares/>>. Acesso em: 15 abr 2023.
- STERN, David I. Modeling international trends in energy efficiency. **Energy Economics**, Canberra, 2012. 2200-2208. Acesso em: Jan 2024.
- TABASSUM, Sanzana et al. Solar Energy in the United States: Development, Challenges and Future Prospects. **Energies**, 30 November 2021. 8142. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1996-1073/14/23/8142>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- TEMPORINI, Edméa R.; PIOVESAN, Armando. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 318-325, 1995.
- YADAV, Prabhakar; DAVIES, Peter J.; SARDOKIE, Samuel A. The prospects of decentralised solar energy home systems in rural communities: User experience, determinants, and impact of free solar power on the energy poverty cycle. **Energy Strategy Reviews**, November 2019. 100424. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19301166>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- YU, Jinna et al. The asymmetric nexus of solar energy and environmental quality: Evidence from Top-10 solar energy-consuming countries. **Energy, Elsevier.**, 02 April 2022. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v247y2022ics0360544222002845.html>>. Acesso em: 15 Mar 2023.
- ZHAO, Linhai; CAO, Ruihua; WANG, Yajun. Solar energy investment, technological innovation and carbon emission reduction: Evidence from China. **Frontiers in Energy Research**, January 2023. 10.3389. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/367191871_Solar_energy_investment_technological_innovation_and_carbon_emission_reduction_Evidence_from_China>. Acesso em: 15 Mar 2023.

APÊNDICE

Apêndice A – Formulário sobre o perfil do consumo elétrico.

31/01/24, 10:14

Perfil de Consumo Elétrico

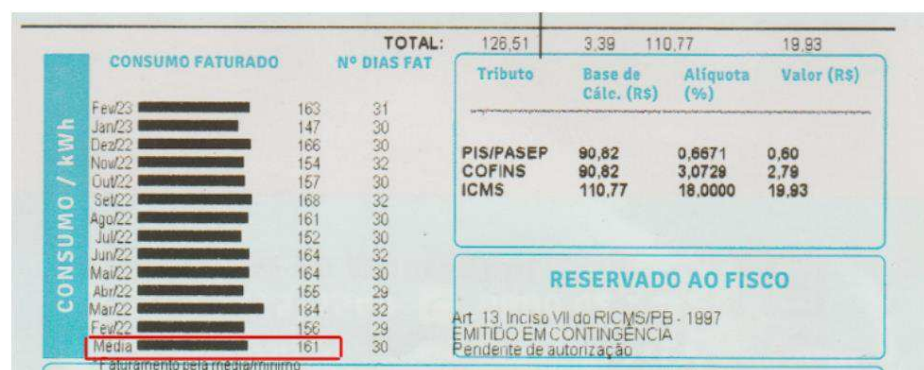
Perfil de Consumo Elétrico

Obrigado por fazer parte desta pesquisa de dissertação de mestrado, eis as informações legais necessárias para a condução da mesma:

- Esse formulário e as respectivas questões estarão registradas na plataforma Brasil para pesquisas envolvendo seres humanos; portanto, ao responder esse questionário, o respondente concorda com a utilização dos dados nela respondidos.
- **Nenhum** dos respondentes, bem como as respectivas respostas, serão identificados;
- Não há benefício direto ou financeiro aos respondentes desse questionário.
- Informação legal: Para que este formulário seja corretamente respondido, é necessário que o senhor/senhora **esteja com sua conta de luz em mãos!**
- Se você **não** reside em Campina Grande - PB, por favor, **não** responda à esse formulário.
- Leia as questões com atenção para que se evitem erros.
- Informações de contato: anderson.italo@estudante.ufcg.edu.br

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Em sua fatura mensal de energia elétrica, na parte central e do lado esquerdo, há uma série de barras na cor preta que indica o consumo mensal de energia elétrica da sua residência, a ilustração abaixo representa essa área. **Nesta ilustração, veja a barra inferior que está enquadrada em um retângulo vermelho indicando a média de consumo, qual é o valor informado na sua conta de energia elétrica?** *



2. 1 - Em que bairro você reside? *

31/01/24, 10:14

Perfil de Consumo Elétrico

3. Contando com você, quantas pessoas residem em sua casa?

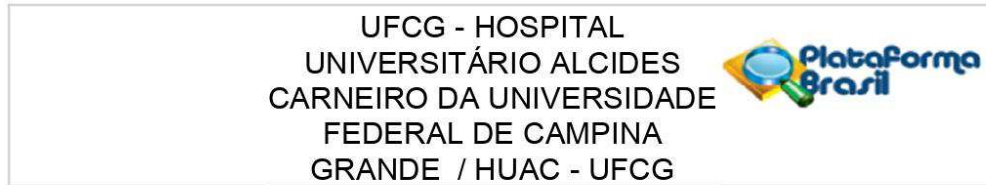
Marcar apenas uma oval.

- 1 Pessoa
- 2 Pessoas
- 3 Pessoas
- 4 Pessoas
- 5 ou mais pessoas

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Apêndice B – Parecer consubstanciado do comitê de ética em pesquisa HUAC.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo sobre o impacto econômico da utilização de placas solares em rede doméstica de Campina Grande-PB

Pesquisador: ANDERSON ITALO FREIRE

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 74731623.8.0000.5182

Instituição Proponente: Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.570.187

Apresentação do Projeto:

De acordo com o pesquisador nas atividades do dia a dia, a utilização da energia elétrica se faz imprescindível, bem como a maneira como esta energia elétrica é produzida, deste modo, isto se traduz em grandes desafios a serem transpostos, tanto no que se refere à geração de energia, quanto no consumo. No âmbito da produção de energia solar, destacam-se as gerações em fazendas solares e as gerações para consumo próprio, principalmente em residências. Dos modelos de placas aos conversores, as discussões sobre como essa nova fonte alternativa pode afetar a produção de energia nas fontes tradicionais e como a produção própria pode afetar o bolso do consumidor se elevam diariamente. É baseado nessas discussões que se encontra a importância e relevância da temática, uma vez que novos meios de produção de energia solar surgem com certa frequência. Destarte, o objetivo desta pesquisa é explanar sobre a utilização das placas solares em residências na cidade de Campina Grande – PB, como alternativa ao modelo tradicional nos seus aspectos ambientais, ressaltando a economia de energia e a economia financeira fornecidas por este modelo, nos aspectos metodológicos, esta é uma pesquisa descritiva quali-quantitativa.

Objetivo da Pesquisa:

O pesquisador descreve como objetivos da pesquisa:

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.			
Bairro: São José		CEP: 58.107-670	
UF: PB	Município: CAMPINA GRANDE		
Telefone: (83)2101-5545	Fax: (83)2101-5523	E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br	

**UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG**



Continuação do Parecer: 6.570.187

Objetivo primário:

Dissertar sobre a utilização das placas solares em residências como alternativa ao modelo tradicional nos seus aspectos ambientais, ressaltando a economia de energia e a economia financeira fornecidas por este modelo.

Objetivos secundários:

1. Mensurar estatisticamente o perfil do consumo de energia elétrica das residências em Campina Grande, PB.
2. Relacionar a produção de energia elétrica por mês, de janeiro a dezembro, em virtude da oscilação de horas solares diárias.
3. Verificar a possível redução nos custos com energia elétrica no comparativo dos pontos 1, 2 e 3.
4. Generalizar os resultados obtidos para mensurar o impacto da economia de energia no consumo total da cidade e na economia financeira

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O pesquisador descreve como riscos e benefícios:

Riscos:

Risco de estafa mental devido à interpretação errônea na aplicação dos questionários.

Benefícios:

O caráter inovador da pesquisa oferta a possibilidade de viabilidade da utilização de placas solares, contribuindo para a redução da dependência de fontes fósseis

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa denota relevância científica e social.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram anexados ao sistema:

Projeto completo

Folha de rosto

Termo de dispensa de TCLE

Termo de compromisso dos pesquisadores

Cronograma

Orçamento

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.

Bairro: São José

CEP: 58.107-670

UF: PB

Município: CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545

Fax: (83)2101-5523

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

**UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG**



Continuação do Parecer: 6.570.187

Instrumento de coleta de dados

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não existem inadequações éticas para o início da pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2078596.pdf	03/11/2023 11:16:19		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETOCMT.pdf	03/11/2023 11:16:07	ANDERSON ITALO FREIRE	Aceito
Outros	Correcoes.pdf	03/11/2023 11:14:06	ANDERSON ITALO FREIRE	Aceito
Outros	FORMPESQ.pdf	03/11/2023 11:02:55	ANDERSON ITALO FREIRE	Aceito
Folha de Rosto	FDRFOLHADEROSTO.pdf	05/10/2023 12:46:58	ANDERSON ITALO FREIRE	Aceito
Cronograma	CRONOS.pdf	05/10/2023 12:44:35	ANDERSON ITALO FREIRE	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	05/10/2023 12:25:57	ANDERSON ITALO FREIRE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	DISPENSATCLE.pdf	20/09/2023 11:38:34	ANDERSON ITALO FREIRE	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TermoPesquisador.pdf	20/09/2023 11:37:46	ANDERSON ITALO FREIRE	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n.
Bairro: São José **CEP:** 58.107-670
UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 **Fax:** (83)2101-5523 **E-mail:** cep@huac.ufcg.edu.br

UFCG - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO ALCIDES
CARNEIRO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE / HUAC - UFCG



Continuação do Parecer: 6.570.187

CAMPINA GRANDE, 11 de Dezembro de 2023

Assinado por:
XISTO SERAFIM DE SANTANA DE SOUZA JÚNIOR
(Coordenador(a))

Endereço: CAESE - Rua Dr. Chateaubriand, s/n. **CEP:** 58.107-670
Bairro: São José
UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)2101-5545 **Fax:** (83)2101-5523 **E-mail:** cep@huac.ufcg.edu.br