

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Blumenau
Departamento de Engenharia de
Controle e Automação e Computação



Marco Antonio Priotto Tonon

Análise dos fatores que influenciam a adoção dos Painéis
Fotovoltaicos no Brasil

Blumenau

2022

Marco Antonio Priotto Tonon

**Análise dos fatores que influenciam a adoção dos
Painéis Fotovoltaicos no Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação.
Orientador: Profa. Dra. Caroline Rodrigues Vaz

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Blumenau
Departamento de Engenharia de
Controle e Automação e Computação

Blumenau
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Priotto Tonon, Marco Antonio

Análise dos fatores que influenciam a adoção dos painéis
fotovoltaicos no Brasil / Marco Antonio Priotto Tonon ;
orientadora, Caroline Rodrigues Vaz, 2022.

88 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Blumenau,
2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2. Painéis
Fotovoltaicos . 3. Análise Sistemática. 4. Adoção
Tecnológica. 5. Escolha do Consumidor. I. Rodrigues Vaz,
Caroline . II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

Marco Antonio Priotto Tonon

Análise dos fatores que influenciam a adoção dos Painéis Fotovoltaicos no Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Comissão Examinadora



Documento assinado digitalmente

Caroline Rodrigues Vaz

Data: 24/03/2022 07:30:05-0300

CPF: 055.381.109-66

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Caroline Rodrigues Vaz
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador



Documento assinado digitalmente

Fabiana Raupp

Data: 24/03/2022 10:23:01-0300

CPF: 933.138.700-82

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Fabiana Raupp
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Rafael Marcuzzo

Data: 24/03/2022 09:22:22-0300

CPF: 012.301.060-81

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Ms. Rafael Marcuzzo
Universidade Federal de Santa Catarina

Blumenau, 24 de março de 2022

Dedico este trabalho principalmente à meus pais, que nunca mediram esforços para eu chegar até aqui e sempre sonharam com este momento e a todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram para a concretização desta etapa.

Agradecimentos

Aos meus pais Lauro Tonon Junior e Juliana Priotto Tonon que sempre me apoiaram e se dedicaram ao máximo para me proporcionar a melhor educação possível, por sempre me incentivarem e apoiarem em qualquer situação e por terem sido os melhores pais possíveis.

A Deus por ter me dado sabedoria, me guiado e dado forças para chegar até aqui, sem Ele nada disso seria possível.

A minha namorada e futura companheira, Paola Christine da Silva Béttega, por todo apoio, compreensão, companheirismo e paciência durante essa fase de ausências e dedicações.

A minha orientadora Dra. Caroline Rodrigues Vaz por ter acreditado em mim, se dedicado inclusive em suas férias para me ajudar e apoiar durante todas as lutas no decorrer deste presente trabalho.

A todos os colegas e demais professores da Universidade Federal de Santa Catarina que de alguma forma contribuíram para minha chegada até essa etapa e pelos conhecimentos repassados.

E não poderia deixar de agradecer à empresa WEG Equipamentos Elétricos, pela compreensão de me efetivar como funcionário mesmo sem ter terminado este Trabalho de Conclusão de Curso. A todos meus colegas e gestores, pela paciência, pelos ensinamentos enquanto ainda estava em período de estágio e pela oportunidade de poder realizar meu sonho, que era estar nessa grande organização.

"Deus é grande, Deus é forte, quando Ele quer não tem quem não queira."
(Ayrton Senna)

Resumo

Este trabalho se trata de uma revisão bibliográfica sobre os fatores e barreiras que influenciam na adoção de painéis fotovoltaicos no Brasil. A pesquisa segue a metodologia, Scientometric and sYStematic yielding MApping Process (SYSMAP), a qual é um conceito de revisão de literatura estruturada e se baseia em quatro etapas: construção da coleção de artigos, filtragem dos documentos a serem utilizados, análise bibliométrica e análise sistemática, ou de conteúdo. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo determinar quais são as barreiras e fatores predominantes que levam a decisão de optar pelo uso de painéis fotovoltaicos ou não. As principais bases de dados utilizadas foram a *Science Direct*, a *Scopus* e a *Web of Science*, pesquisas no ano de 2021. Obtendo como principais resultados as barreiras de disseminação de energia solar fotovoltaica no Brasil que são os fatores políticos e econômicos, o país apresenta boas práticas atuais nesses quesitos, porém se busca ser uma referência mundial em energia solar precisa ainda realizar alguns ajustes. Pouco se nota sobre os fatores locais e demais barreiras, pois o país apresenta localização privilegiada e grande potencial solar. A maior contribuição desta pesquisa foi levantar, por meio de revisão de literatura, as principais barreiras e fatores que os autores citam para adoção de painéis solares fotovoltaicos e assim trazê-las a nível Brasil. Percebe-se uma grande relação entre energia solar e o curso de Engenharia de Controle de Automação, o qual este trabalho de conclusão de curso faz parte, pois com o crescente aumento da automação a nível global, se aumenta também a demanda por energia e principalmente de forma sustentável, cenário no qual a energia solar fotovoltaica se encaixa perfeitamente.

Palavras-Chave: 1. Escolha do consumidor 2. Adoção tecnológica 3. Painéis Fotovoltaicos 4. Análise Sistemática.

Abstract

This research is a literature review on the factors and barriers that were not proposed in Brazil for panels. The research follows the methodology, Scientometric and sYStematic yielding MApping Process (SYSMAP), which is a structured literature review concept and is based on four steps: construction of the collection of articles used, analysis of documents to be used, bibliographic analysis and systematic or content analysis. In this context, the present work is able to determine which are the predominant barriers and factors that lead to the decision to opt for the use of photovoltaic panels or not. The main policy bases used were Science Direct, Scopus and the Web of Science, in the year 2021. The practices these issues, however, seek to be a world reference in solar energy, still need to make some adjustments. Little is noted about local factors and other barriers, as the country has a privileged location and great solar potential. The greatest contribution of this research was to raise, through a literature review, the main barriers and factors that the authors cite for the adoption of photovoltaic solar panels and assimilate them at the Brazilian level. There is a great relationship between the Solar Automation Control Engineering course, of which this energy course conclusion work is part, because with the increase in automation at a global level, the demand for and mainly in a sustainable scenario in which photovoltaic solar energy fits.

Keywords: 1. Consumer choice 2. Technology Adoption 3. Photovoltaic panels 4.

Systematic Analysis.

Lista de figuras

Figura 1 – Matriz Energética Brasileira	14
Figura 2 – Potencial de Energia Solar	15
Figura 3 – Formas de Radiação	22
Figura 4 – Primeira Bateria Solar da Bell	23
Figura 5 – Composição de um painel fotovoltaico	25
Figura 6 – Módulo fotovoltaico Intelbras EMS330P	25
Figura 7 – Especificações Intelbras EMS330P	26
Figura 8 – Exemplo de painel solar	27
Figura 9 – Composição de um painel solar	27
Figura 10 – Exemplo de sistema isolado	29
Figura 11 – Exemplo de sistema interligado a rede (geração centralizada)	30
Figura 12 – Exemplo de sistema interligado a rede (geração distribuída))	30
Figura 13 – Curva $V \times I$ de um painel fotovoltaico	31
Figura 14 – Geração Centralizada	33
Figura 15 – Geração Distribuída	34
Figura 16 – Dados da Geração Distribuída	34
Figura 17 – Recordes da energia solar 2021	35
Figura 18 – Etapas SYSMAP	39
Figura 19 – Busca realizada na base de dados <i>Scopus</i>	40
Figura 20 – Resultados encontrados na base de dados <i>Scopus</i>	41
Figura 21 – Busca realizada na base de dados <i>Web of Science</i>	41
Figura 22 – Resultados encontrados na base de dados <i>Web of Science</i>	42
Figura 23 – Busca realizada na base de dados <i>Science Direct</i>	42
Figura 24 – Resultados obtidos na base de dados <i>Science Direct</i>	43
Figura 25 – Tela do <i>software EndNote X9</i>	45
Figura 26 – Tela do <i>software VOSviewer</i>	46
Figura 27 – Periodicidade de publicação dos artigos	48
Figura 28 – Gráfico de Periódicos	50
Figura 29 – Lista de autores e quantidade de artigos	52
Figura 30 – Relação de cocitação entre autores	54
Figura 31 – Gráfico de palavras-chaves	55
Figura 32 – Relação de co-ocorrência de palavras	56
Figura 33 – Gráfico de citação de artigos	57
Figura 34 – Metodologia dos artigos	63
Figura 35 – Síntese dos Fatores/Barreiras	81

Lista de tabelas

Tabela 1 – Principais dados encontrados na pesquisa	47
Tabela 2 – Títulos e número de citações	61
Tabela 3 – Continuação - Títulos e número de citações	62
Tabela 4 – Contribuições de artigos	64
Tabela 5 – Barreiras encontradas na pesquisa	66
Tabela 6 – Categorias das barreiras	67

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABSOLAR	<i>Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica</i>
ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
BNDES	<i>Banco Nacional do Desenvolvimento</i>
CEF	<i>Caixa Econômica Federal</i>
CONFAZ	<i>Conselho Nacional de Política Fazendária</i>
FNMC	<i>Fundo Nacional sobre Mudança do Clima</i>
ICMS	<i>Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços</i>
INMETRO	<i>Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia</i>
IST	<i>Instituto Superior Técnico</i>
REIDI	<i>Regime Especial de Incentivos para Desenvolvimento da Infraestrutura</i>
STC	<i>Standard Test Conditions</i>
SUDAM	<i>Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia</i>
SUDECO	<i>Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste</i>
SUDENE	<i>Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste</i>
SYSMAP	<i>Scientometric and sYStematic yielding MApping Process</i>
TUSD	<i>Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição</i>
TUST	<i>Tarifa de Utilização de Serviços de Transmissão</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização da Pesquisa	13
1.2	Problemática da Pesquisa	16
1.3	Objetivos da Pesquisa	16
1.3.1	Objetivo Geral	17
1.3.2	Objetivos Específicos	17
1.4	Justificativa	17
1.5	Delimitação da Pesquisa	18
1.6	Aderência do tema com a Engenharia de Controle e Automação	19
1.7	Estrutura da Pesquisa	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Painéis Fotovoltaicos	21
2.1.1	O que é? E para que servem os painéis solares fotovoltaicos?	24
2.1.2	Características, vantagens e desvantagens dos painéis solares	30
2.1.3	Tipos de Geração de Energia Solar Fotovoltaica	32
2.1.4	Políticas e Legislação no Brasil	35
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	38
3.1	Classificação da Pesquisa	38
3.2	Revisão de literatura estruturada	38
3.2.1	Método SYSMAP	38
3.2.2	Coleta dos Dados da Revisão de Literatura	40
3.2.3	Análise Sistemática: Tabulação dos Dados e Análise dos Dados	44
3.3	<i>Softwares</i> utilizados na Pesquisa	44
3.3.1	<i>EndNote</i>	44
3.3.2	<i>VOSviewer</i>	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Análise Bibliométrica	47
4.1.1	Análise de autores	51
4.1.2	Análise de co-citação de autores	54
4.1.3	Análise de citação de artigos	56
4.2	Análise Sistemática	58
4.2.1	Análise das metodologias adotadas nos artigos	63
4.3	Análise dos fatores/barreiras	65

4.3.1	Falta de Conhecimento	67
4.3.2	Capacidade da Rede	68
4.3.3	Vizinhos	69
4.3.4	Expansão da Rede Elétrica	70
4.3.5	Fatores Locais	70
4.3.6	Fatores Econômicos	71
4.3.7	Fatores Políticos	75
4.3.8	Fatores de Qualidade	78
4.3.9	Manutenção	79
4.4	Síntese das barreiras, obstáculos e fatores que influenciam para a implementação dos painéis fotovoltaicos	80
4.5	Resultados a nível Brasil	82
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
5.1	Conclusão da Pesquisa	84
5.2	Recomendações para Pesquisas Futuras	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

1 Introdução

Neste primeiro capítulo introdutório, será abordada a contextualização da pesquisa e do cenário atual da energia fotovoltaica no Brasil, além de elencar a problemática da pesquisa. Também serão abordados os objetivos gerais e específicos, assim como a justificativa da pesquisa, sua delimitação e estrutura.

1.1 Contextualização da Pesquisa

A humanidade, por muitas vezes, buscou por novas tecnologias e formas de crescimento e desenvolvimento sustentável, a fim de sempre evoluir e perpetuar sua espécie. Não seria diferente com a forma de se obter energia e com a maneira de se utilizar dela de forma sustentável e limpa.

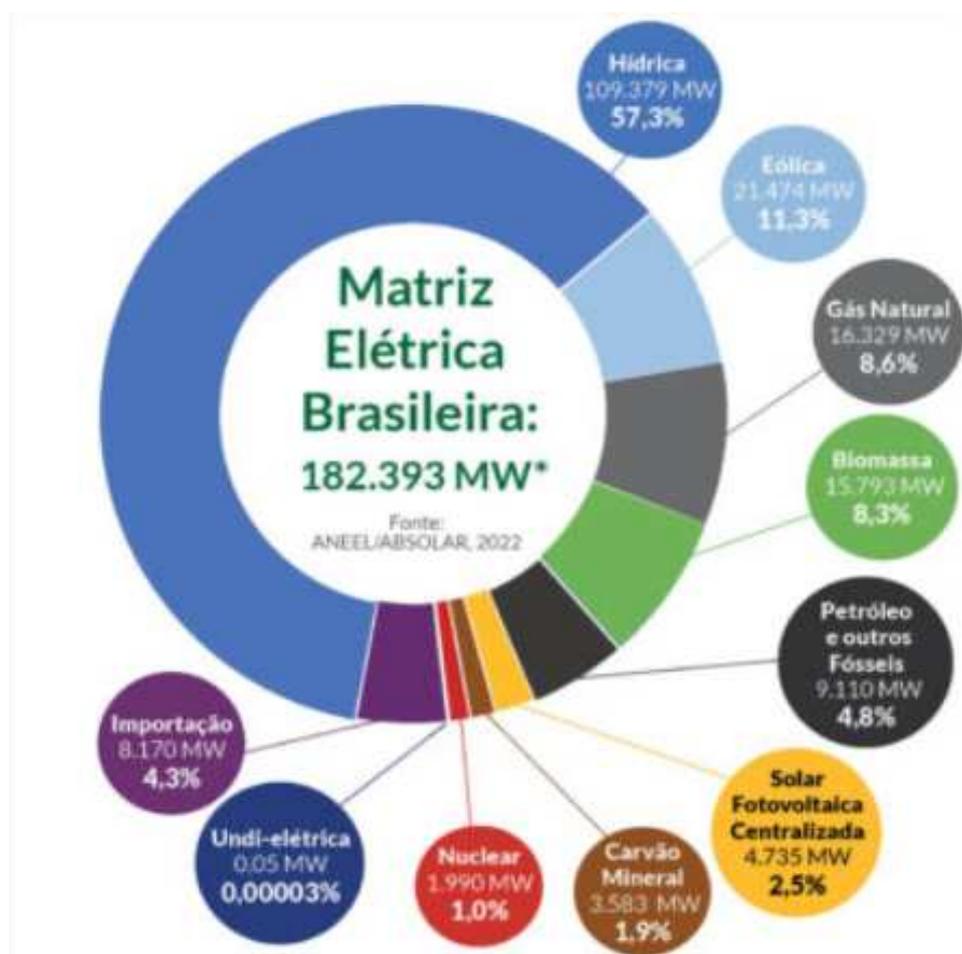
Atualmente com o aumento da população de forma exponencial, cada vez mais cresce a demanda por energia, estima-se segundo a BloombergNEF (2019) [1] que a demanda mundial crescerá 62% nos próximos 30 anos. E como o mundo anda cada vez mais preocupado e voltado para as causas ambientais e sustentáveis, nada mais justo que esta preocupação também chegue ao campo das energias.

Com isto, as formas mais comuns de energia limpa, renovável e sustentável são: a eólica, através das massas de ar, a geotérmica, proveniente do calor interno da Terra, a maremotriz, derivada dos movimentos das marés e a solar, proveniente da conversão dos raios solares em energia elétrica através das placas fotovoltaicas, que é o presente tema deste trabalho.

Atualmente, no Brasil, a matriz energética é majoritariamente dependente das hidrelétricas e encontra-se delimitada da seguinte forma: (ABSOLAR, 2021) [2] (Figura 1).

Aproximadamente 58,1% da matriz energética e hídrica, ou seja, provém de hidrelétricas que é um dos pontos fortes no Brasil devido à abundância de água e ao relevo privilegiado para este tipo de geração. 10,5% proveniente da energia eólica, que é uma excelente forma de energia limpa e renovável, porém ainda subutilizada em território nacional visto o bom potencial que algumas regiões apresentam. Gás Natural e Biomassa estão praticamente empatadas representando em torno de 8% cada, porém ambas não são muito populares e não têm grande apelo para crescimento. A energia proveniente do petróleo representa em torno de 5%, um percentual que tende a cair com o passar dos anos, pois aqui não há nada de sustentável e limpo. E representando ainda apenas 2,3% temos a Energia Solar Fotovoltaica que é o principal tema de estudo deste trabalho. Nota-se também que em torno de 4% da energia nacional depende de importação e que as outras formas de energia compreendem em torno de 3%.

Figura 1 – Matriz Energética Brasileira



Fonte: ABSOLAR (2021) [2]

Especificamente sobre a energia fotovoltaica, ainda segundo a ABSOLAR (2021) [2], atualmente no Brasil há disponível em torno de 12,1 GW de energia operacionais provenientes de fontes solares, com previsão de investimentos privados na casa de R\$ 62,2 bilhões e geração de mais de 365 mil novos empregos.

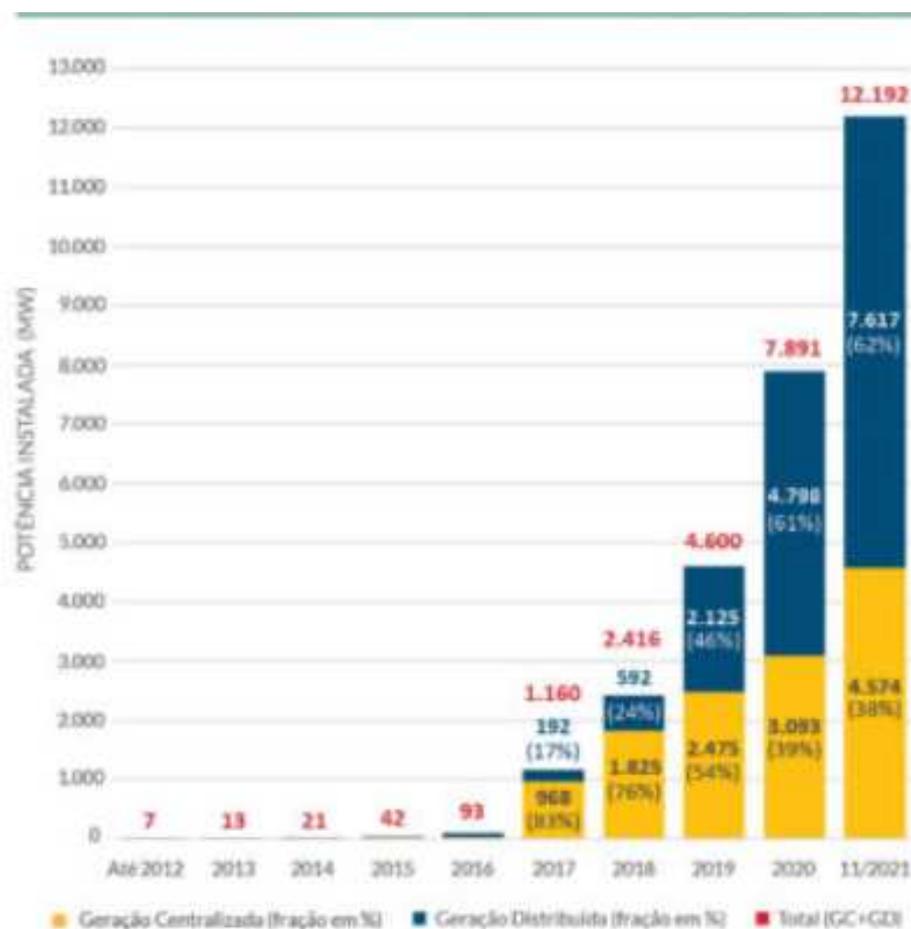
Outro benefício da energia fotovoltaica que pode ser citado é a arrecadação de mais de R\$ 16,1 bilhões em impostos para o governo, que serão utilizados cada vez mais em melhorias para a população e investimentos inclusive em outras áreas da sociedade.

Em relação à sustentabilidade, que é um dos principais fatores que movem a implantação de energia solar, segundo a ABSOLAR (2021) [2] foram evitados mais de 13,8 milhões de toneladas de gás carbônico (CO₂) de serem lançadas na atmosfera.

Nota-se, segundo a Figura 2, que a implantação da energia fotovoltaica vem aumentando exponencialmente no país, devido os benefícios que esta energia proporciona ao meio ambiente e ao homem.

Partindo de 7 MW instalados em 2012 para os atuais 12.192 MW em 2021. Pode-se notar também que houve um salto na disponibilidade de energia gerada desta modalidade

Figura 2 – Potencial de Energia Solar



Fonte: ABSOLAR (2021) [2]

no ano de 2017 e desde então vem aumentando de forma mais intensa. Nota-se claramente dois tipos de geração no Brasil, a Geração Centralizada e a Geração Distribuída. Ambas serão abordadas detalhadamente no capítulo 2.

Portanto, unindo o aumento da demanda energética, devido ao crescimento populacional e das novas tecnologias cada vez mais dependentes de eletricidade, com o novo fator surgindo que são os carros elétricos, percebe-se o quanto é importante focar em crescimento energético sustentável. Além disso, o Brasil possui grande potencial para geração de energias limpas e há grande interesse da sua população principalmente em fotovoltaica, porém o país ainda encontra-se defasado dos países desenvolvidos no mundo.

Neste contexto exposto acima, se faz relevante a realização de uma pesquisa para melhor entender os motivos do país ainda não estar desenvolvido suficientemente na área de energias limpas e renováveis, principalmente se tratando de energia fotovoltaica, assim foi desenvolvido este trabalho que visa encontrar os motivos e mapear esta problemática.

1.2 Problemática da Pesquisa

Dada a introdução ao tema no tópico anterior, é importante entender os problemas, motivos e iniciativas que expandem ou reduzem o uso dos painéis fotovoltaicos, pois é uma forma de energia que está em constante expansão não só no Brasil mas também no mundo, mais ainda com a grande demanda esperada devido aos veículos elétricos que estão por vir e se popularizando cada vez mais.

Segundo Ambrosio (2020) [3], embora de certa forma mais caras que as energias convencionais, as fontes de energia renováveis se tornam cada vez mais atraentes e competitivas na medida em que se expandem e se popularizam, fatores essenciais para sua competitividade no mercado.

Porém, de acordo com a ABSOLAR (2021) [2], apesar da popularização da energia fotovoltaica no Brasil e da queda no preço por megawatt-hora, o qual passou de US\$ 103,00/MWh em 2013 para US\$ 17,62/MWh em 2017, esse valor voltou a aumentar para atuais US\$ 20,33/MWh. Fato que evidencia um ponto fora da curva e uma problemática a ser estudada, pois de acordo também com Alrashoud e Tokimatsu (2019) [4] o custo tende a diminuir com expansão da energia fotovoltaica e não a aumentar como foi visto.

Diniz (2011) [5] também descreve que com a crescente demanda exponencial de energia no atual cenário global, se torna cada vez mais importante a identificação de tecnologias geradoras de energia descentralizadas, que é o caso da energia fotovoltaica. Surgindo a necessidade de se entender o que motiva ou desmotiva os usuários a adotarem a energia solar fotovoltaica.

Apesar de a energia solar estar crescendo de forma mais acelerada no Brasil nos últimos anos, ainda há muito o que se entender sobre este nicho de mercado. Principalmente sobre quais fatores ou barreiras que ainda seguram o Brasil de explorar seu grande potencial solar para geração de energia, o porquê de não se ter mais usuários utilizando desta tecnologia e o motivo da energia solar constituir apenas 2,5% da matriz energética nacional. (ABSOLAR, 2021) [2]

Desta forma, apresentado todo o contexto acima e após pesquisado vários trabalhos semelhantes ao redor do mundo porém muito pouco sobre o Brasil e a América Latina como um todo, se torna relevante o estudo e pesquisa sobre o tema e é formulada a seguinte pergunta de pesquisa: "Quais as barreiras ou obstáculos e os fatores para a difusão de energia fotovoltaica no Brasil?".

1.3 Objetivos da Pesquisa

Neste tópico serão tratados os objetivos desta pesquisa, sendo eles: Objetivo Geral e Objetivos Específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar as barreiras ou obstáculos e os fatores que influenciam a adoção dos Painéis Fotovoltaicos no Brasil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar o processo de levantamento, filtragem e enquadramento dos trabalhos científicos;
- Desenvolver a análise bibliométrica dos trabalhos científicos;
- Realizar a análise sistemática dos trabalhos científicos;
- Construir os fatores que influenciam a adoção da tecnologia de painéis fotovoltaicos.

1.4 Justificativa

Neste item será abordado sobre a importância de se estudar as barreiras para implementação de energia fotovoltaica no Brasil, haja visto que o tema está com discussões e implantações bem avançadas ao redor no mundo, porém ainda faltam avanços significativos em território nacional brasileiro.

De acordo com Alrashoud e Tokimatsu (2019) [4], é de suma importância a aceitação social para a qualidade e desenvolvimento da geração e distribuição de energia limpa, demonstrando assim como de fato é necessário entender o comportamento do público alvo, as barreiras e os motivadores para adoção de painéis fotovoltaicos.

Haja visto que a nível global há vários estudos, artigos e pesquisas sobre esta questão das barreiras e fatores para o avanço da energia fotovoltaica, porém quando se trata a nível Brasil notam-se pouco estudos a respeito, até mesmo a nível de América Latina. Os números de artigos publicados e autores que escrevem sobre o tema no país são demasiadamente pequenos em relação ao nível global. No decorrer deste trabalho mesmo foram lidos 57 artigos sobre o tema, dentre esses apenas 3 se tratavam de energia solar no Brasil.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR (2021) [2], o país possui elevado potencial de geração de energia solar e graças às medidas governamentais e principalmente da iniciativa privada, o Brasil está cada vez mais caminhando para utilizar todo seu potencial de geração com grandes chances de se tornar uma referência global neste ramo.

Apesar de a energia solar estar crescendo de forma mais acelerada no Brasil nos últimos anos, ainda há muito o que se entender sobre este nicho de mercado e quais os fatores ou barreiras que ainda seguram o Brasil de explorar todo seu potencial solar para geração de energia.

Haja visto que a nível global há vários estudos, artigos e pesquisas sobre esta problemática das barreiras e fatores para o avanço da energia fotovoltaica, porém quando se trata a nível Brasil nota-se pouco estudos a respeito, até mesmo a nível de América Latina, os números de artigos publicados e autores que escrevem sobre o tema no país é demasiadamente pequeno em relação ao nível global. No decorrer deste trabalho mesmo foram lidos 57 artigos sobre o tema, dentre esses apenas 3 se tratavam de energia solar no Brasil.

Visto que em apenas 7 anos, no período entre 2012 e 2019 a cadeia de energia solar gerou cerca de 130 mil novos postos de trabalho no país, de acordo com a ABSOLAR (2021) [2] e ANEEL (2021) [6], atingindo em torno de 30 mil imóveis sendo usada como uma forma de reduzir o preço da conta de luz de forma cíclica, tendo um crescimento de 45% em relação a 2018, nota-se o grande potencial do país neste segmento.

Ainda de acordo com a ABSOLAR (2021) [2], apesar de todos os dados chamativos, a significância da energia solar na atual matriz energética brasileira é de aproximadamente 2,5%, o que representa que com o passar do tempo este número tende a aumentar e muito, devido às exigências pela sustentabilidade, geração limpa de energia, crescente demanda global e popularização da tecnologia no país.

Portanto, analisando todos os dados e números acima, nota-se a clara necessidade de se estudar mais afincamente as barreiras e motivadores da adoção de energia solar no Brasil. Primeiramente pela grande demanda que vem surgindo por essa tecnologia em conjunto com o grande desenvolvimento energético do país que hoje é totalmente refém de hidrelétricas e necessita de uma fonte energética alternativa e renovável que seja considerável em sua matriz energética. E segundo pela falta de estudos sobre o tema focando exclusivamente no país, há muitas pesquisas de excelente qualidade em outras localidades mundo afora, porém poucas relacionadas apenas ao Brasil, então somando essas duas problemáticas surge a necessidade de melhor compreensão sobre o tema como um todo e a justificativa para realização do estudo e pesquisa deste presente trabalho.

Assim sendo, foi verificado que a forma mais adequada de se mapear e estudar sobre o tema é a revisão bibliográfica, que será realizada em cima de vários estudos globais e alguns regionais sobre o assunto, tentando trazer os motivos globais e relacionar com os motivos que podem estar favorecendo ou desfavorecendo a implantação de painéis fotovoltaicos no Brasil. Dessa forma mitigando seu crescimento, buscando assim facilitar, incentivar e direcionar os incentivos ou atitudes corretas para a ampliação da energia solar no país.

1.5 Delimitação da Pesquisa

A presente pesquisa se delimitará a uma revisão de literatura por meio de busca de artigos e demais documentos em bases de dados científicas e seguirá as etapas do processo SYSMAP.

1.6 Aderência do tema com a Engenharia de Controle e Automação

Partindo do princípio que ambos os termos, **automação** e **energia** estão voltados ao futuro, pois a automação está cada vez mais interligada a assuntos que ainda serão propostos e tecnologias que estão em desenvolvimento, dessa forma certamente se aumentará a demanda energética, somando esses dois fatores com o fato de o mundo estar cada mais em busca por fontes renováveis de energia, surge a ligação entre os conceitos de automação e energia solar, pois é um fonte energética totalmente limpa, renovável e sustentável, casando perfeitamente com os requisitos do futuro.

Especificamente da área de painéis solares fotovoltaicos, os mesmos podem ser relacionados com a Engenharia de Controle e Automação. Primeiro, por meio de sua produção, a automação está muito presente no processo de fabricação de painéis solares fotovoltaicos, principalmente se analisarmos toda sua cadeia de funcionamento contando com os inversores, baterias e atuadores. Posteriormente, por meio de sua operação, ou seja, para operar uma usina de geração de energia solar ou apenas as placas solares residenciais, a automação está totalmente presente pois é ela quem realiza todo o controle do carregamento das baterias e da conversão da energia elétrica por meio de inversores. E, por fim, a manutenção, onde pode ser implantado *softwares* para manutenção preditiva de painéis solares através da análise de seus parâmetros.

Portanto, o conteúdo desta pesquisa pode ser associado ao curso de Engenharia de Controle e Automação por meio de disciplinas como **Gestão Ambiental (BLU3800)**, na qual é visto diversas formas de sustentabilidade e onde a energia solar fotovoltaica se encaixa, **Acionamentos Elétricos (BLU3604)**, na qual se estuda sobre inversores e conversores de tensão, amplamente utilizados na operação de painéis solares fotovoltaicos e **Circuitos Elétricos para Automação (BLU3402)**, disciplina na qual se aprende sobre aspectos da eletricidade em geral e pode ser amplamente associada à geração de energia realizada através dos painéis solares.

1.7 Estrutura da Pesquisa

Esta pesquisa foi estruturada em cinco capítulos, sendo o capítulo 1 introdutório e dedicado a apresentar as características principais do trabalho, como o tema escolhido através da contextualização, o problema, os objetivos e a justificativa.

O capítulo 2 constitui uma revisão bibliográfica dos temas relativos, como o histórico, o embasamento científico e funcionamento da tecnologia, as características, vantagens e desvantagens e os tipos de geração fornecidos.

O capítulo 3 exhibe a metodologia utilizada por este estudo, no qual se caracteriza a pesquisa, delimita-se o assunto, estabelece-se a forma da coleta e interpretação dos dados

obtidos.

O capítulo 4 mostra os resultados e discussão dos dados encontrados.

E por último, no capítulo 5 aparecem as considerações finais desta pesquisa, as limitações e suas recomendações de trabalhos futuros.

2 Referencial Teórico

Este capítulo denominado Referencial Teórico busca fazer uma revisão de literatura apresentando os estudos já realizados sobre os temas de energia solar fotovoltaica, painéis fotovoltaicos e suas principais características e um panorama geral da geração de energia solar como um todo no Brasil.

Dessa forma abordando as principais características de cada assunto, bem como descrevendo seus conceitos, peculiaridades e atualidades.

2.1 Painéis Fotovoltaicos

Desde os primórdios o homem utiliza-se de energia das mais diferentes formas para realizar suas atividades cotidianas e laborativas. Primeiramente era utilizada a energia térmica derivada da queima principalmente de madeira, algo que não era eficiente e sustentável por se tratar de um recurso finito e poluente. (IST, 2021) [7]

Com o passar dos anos e com o aumento da dependência humana de energia, principalmente através da industrialização, o que gerou um crescimento exponencial da necessidade energética, instigou-se a procura por uma fonte de energia renovável e limpa.

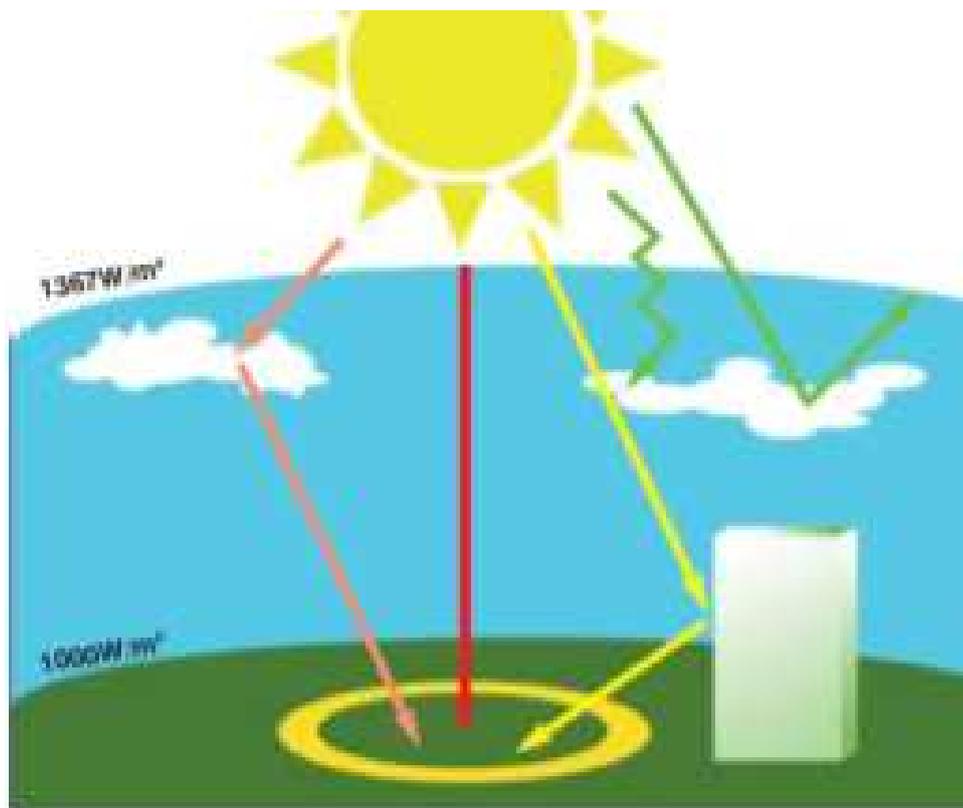
Segundo Valente (2011) [8] a partir da década de 1980 se intensificou o destaque pelas energias renováveis, pois acabara de ocorrer um colapso energético devido à escassez de combustíveis fósseis e o aumento significativo do consumo de energia. Ainda segundo o autor, pode-se considerar a energia solar fotovoltaica uma das mais promissoras do ramo, uma vez que é uma fonte inesgotável, com impactos ambientais praticamente nulos e de uma fonte que fornece tanto calor quanto energia de forma abundante pelo globo terrestre que é o Sol. Há três formas dos raios solares atingirem a superfície terrestre:

- Radiação Direta
- Radiação Difusa
- Radiação Refletida

Se tratando de radiação direta, pode-se explicá-la como aquela em que os raios solares atingem diretamente a superfície terrestre, por sua vez a radiação difusa ocorre quando os raios solares são dispersados quando atingem a atmosfera terrestre e a radiação refletida ocorre quando os raios de luz emitidos pelo Sol são refletidos por objetos ou pela própria superfície da Terra.

As três formas de radiações citadas por Valente (2011) estão exemplificadas na Figura 3.

Figura 3 – Formas de Radiação



Fonte: site Portal das Energias Renováveis (2021) [9]

Sabendo agora das formas mais comuns que os raios solares atingem o planeta Terra, pode ser abordado sobre a transformação desses raios em energia e sobre o contexto histórico envolvido no desenvolvimento dos painéis fotovoltaicos.

Conforme o Instituto Superior Técnico - IST (2021) [7] a história dos painéis solares se inicia no ano de 1839 com a descoberta do chamado Efeito Fotovoltaico pelo famoso físico francês Edmond Becquerel, porém apenas no ano de 1883 foi proposta a primeira célula fotovoltaica, de forma muito primitiva e com rendimento estimado pífio de menos de 1%, por Charles Fritts.

De acordo com Brito e Serra (2005) [10] a partir do ano de 1905 com auxílios dos estudos de Albert Einstein sobre o efeito fotovoltaico e a teoria das bandas de energia com a dopagem e purificação de transmissores, houveram significativos avanços na área, ainda se baseando na célula de selênio elaborada por Fritts. No ano de 1954, segundo os autores e o próprio IST (2021) [7], surgiu a primeira geração de células fotovoltaicas, de forma acidental, quando os laboratórios Bell, durante estudos e testes sobre materiais semicondutores, descobriram que o silício dopado era demasiadamente sensível à luz solar (Figura 4). Ainda de acordo com os mesmos autores, tal feito levou em 1958 os Estados Unidos iniciarem a instalação das primeiras células para uso espacial em seu satélite Explorer com significativa melhora em seu rendimento que passará de 1% para 6% no

índice de eficiência energética.

Figura 4 – Primeira Bateria Solar da Bell



Fonte: IST (2021) [7]

Devido ao contexto histórico da época e a corrida espacial em que o mundo se encontrava, o fato das primeiras células serem instaladas no Explorer fez com que se tornasse viável o lançamento de satélites para comunicação, conseqüentemente viabilizando também os investimentos nas pesquisas e no desenvolvimento das células fotovoltaicas, fato que pode ser considerado de grande relevância atualmente para a área.

Durante o período de quase 50 anos entre 1958 e 2007, segundo a Universidade de Delaware (2008) [11], a eficiência das placas solares aumentou em cerca de 7 vezes, pois passou de 6% para aproximadamente 42,80%, batendo assim o recorde mundial de eficiência energética na conversão de luz em eletricidade com células de silício.

Com todos os dados e contextos apresentados acima, pode-se agora abordar mais especificamente sobre os painéis solares, suas características, vantagens e desvantagens.

2.1.1 O que é? E para que servem os painéis solares fotovoltaicos?

Como já é sabido, os painéis solares fotovoltaicos são equipamentos que transformam a incidência de raios solares, provenientes do Sol (uma fonte de energia e calor praticamente inesgotável), em energia elétrica. Tal fenômeno apenas ocorre devido ao efeito fotovoltaico.

De acordo com Hegedus e Luque (2005) [12], a primeira geração de células fotovoltaicas eram muito primitivas e apenas compostas por uma simples junção p-n de materiais cristalinos sensíveis à luz solar e capazes de gerar energia elétrica a partir da incidência da mesma.

Por sua vez, a segunda geração de células fotovoltaicas, de acordo com o relatório técnico do programa Alterner (2004) [13], eram compostas por depósitos de semicondutores de dois tipos: um espacial e um terrestre. O tipo espacial apresentava um maior rendimento de em torno de 28% a 30% e eram utilizados apenas em usos espaciais, como satélites e estações, devido ao seu alto custo e maior complexidade. Já o tipo terrestre era mais simples e apresentava um rendimento bem menor comparado ao primeiro tipo, entre 7% a 9%, com isso seu custo de produção também era menor, o que facilitaria sua utilização de forma mais ampla. Através desta segunda geração de células se possibilitou a produção de módulos maleáveis e translúcidos, também se enquadra nesta geração as células compostas de Arsenieto de Gálio (GaAs), que segundo os autores acima possuía eficiência de mais de 37% e era destinada para uso específico de aplicações que necessitasse alto rendimento.

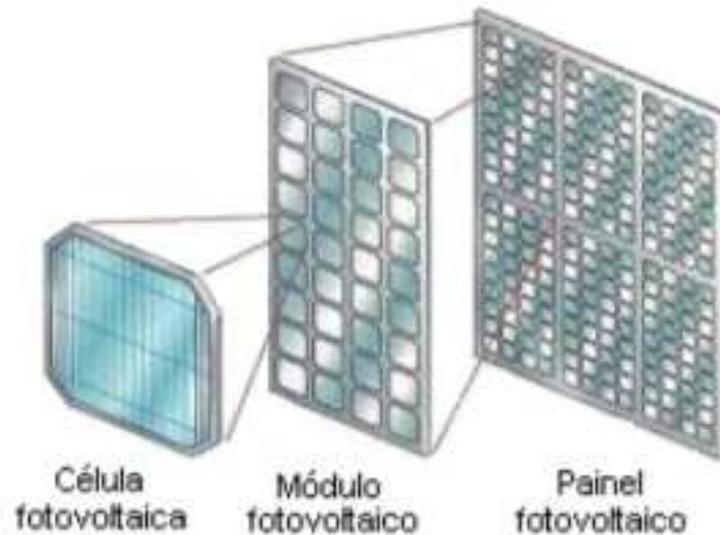
Diferentemente das duas gerações anteriores que baseiam-se em semicondutores, por sua vez, a terceira geração de células fotovoltaicas que compõem os painéis possuem propostas diferentes. Segundo Valente (2011) [8], nesta terceira geração de células está em estudo a utilização de dispositivos baseados em nanotubos de carbonos para o uso espacial, com uma eficiência energética de aproximadamente 45%. Já as células para usos terrestres, ou seja, do cotidiano, estão sendo estudadas e desenvolvidas tecnologias baseadas no efeito fotoeletroquímico através de polímeros e materiais micro cristalinos.

Muito já se fala também de uma futura quarta geração de células fotovoltaicas, tecnologia que está apenas nas mãos da NASA atualmente para usos em viagens espaciais, mas permitirá uma eficiência energética ainda maior e um custo de produção reduzido, o que de fato facilitará a ampliação de seu uso e popularização desta tecnologia. A tecnologia utilizada nesta próxima geração será baseada em camadas multiespectrais de luz e uma mistura de polímeros com nanopartículas. (VALENTE, 2011) [8]

Ainda segundo o autor Valente (2011) [8], cerca de 86% das células terrestres são baseadas em silício, já na utilização espacial cerca de 90% das células são da segunda geração e o restante 10% ainda da primeira, mais rudimentar, devido à facilidade de manutenção e uso severo no ambiente espacial.

Para se melhor caracterizar um painel fotovoltaico pode-se analisar a Figura 5.

Figura 5 – Composição de um painel fotovoltaico



Fonte: Valente (2011) [8]

Nela pode-se notar claramente como é a composição de um painel fotovoltaico e a distinção dos itens que o compõem. A menor composição que engloba um painel fotovoltaico é a célula fotovoltaica, cujo funcionamento e contexto histórico já foi discutido acima. Um conjunto de células fotovoltaicas forma um módulo.

A Figura 6 mostra um modelo de módulo fotovoltaico muito popular no mercado da marca Intelbras. Este modelo exemplifica bem a condição citada acima de que um módulo é formado por um conjunto de células fotovoltaicas.

Figura 6 – Módulo fotovoltaico Intelbras EMS330P



Fonte: INTELBRAS (2021) [14]

Observa-se na Figura 7 que o módulo da Intelbras em questão apresenta uma eficiência energética de 17% sendo considerado com conceito A pelo INMETRO, a nota máxima de eficiência.

Figura 7 – Especificações Intelbras EMS330P



Fonte: INTELBRAS (2021) [14]

Na Figura 8, seguindo a mesma analogia que de quem um conjunto de células fotovoltaicas formam um módulo fotovoltaico, pode-se notar claramente um painel fotovoltaico formado por um conjunto de módulos fotovoltaicos, dessa forma então acontece a geração de energia solar para uma residência por exemplo.

Explicado então como é a formação de um painel solar desde a célula fotovoltaica, será abordado agora sobre os itens que compõem um painel fotovoltaico completo, conforme a Figura 9.

De acordo com a Figura 9 e com os autores Xu e Li (2018) [17], pode-se notar que há seis itens distintos na composição da montagem de um painel solar, sendo eles:

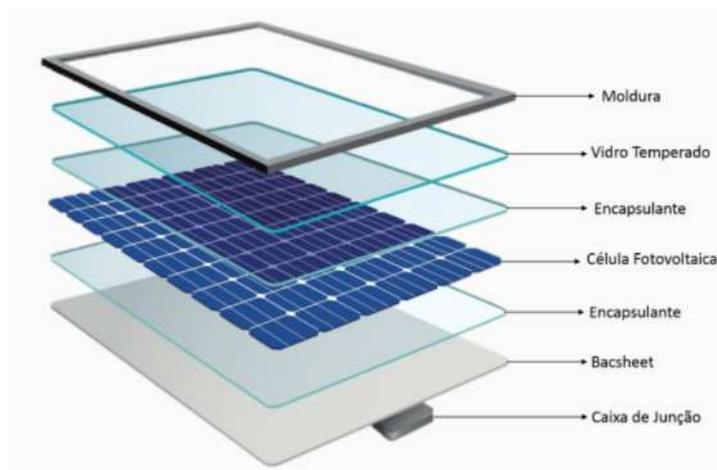
- Moldura
- Vidro Temperado
- Encapsulante

Figura 8 – Exemplo de painel solar



Fonte: Portal Solar (2022) [15]

Figura 9 – Composição de um painel solar



Fonte: Minha Casa Solar (2021) [16]

- Célula Fotovoltaica
- Backsheet
- Caixa de Junção

Ainda segundo Xu e Li (2018) [17], cada determinado item tem uma função específica. De acordo com os autores, a moldura serve para envolver e dar suporte aos outros itens que compõem o painel, normalmente ela é feita de alumínio e tem um alto teor de reciclabilidade. O vidro temperado tem como principal função dar proteção e resistência mecânica ao conjunto porém, sem perder a transparência e comprometer a passagem dos raios solares, portanto é o material mais adequado para tal uso. O encapsulante, geralmente feito de EVA possui a função também de proteção às células porém, dessa vez contra o envelhecimento precoce causado pela alta exposição aos raios solares, temperaturas elevadas e umidade, impedindo assim a degradação precoce do conjunto. O funcionamento da célula fotovoltaica e sua função já foi explicado anteriormente, porém pode-se citar novamente

que é o principal componente pois é ela quem realmente transforma os raios solares em energia. O backsheet por sua vez também proporciona proteção ao painel, mas segundo os autores, sua principal função é servir como um isolante elétrico. Por último tem-se a caixa de junção, cuja serventia é unir e servir como suporte para todos os componentes além de também proteger contra corrosão e permitir as conexões elétricas entre as células.

Até o presente momento sabe-se através deste trabalho como os raios solares atingem a superfície terrestre, a transformação destes raios em energia através do efeito fotovoltaico, o contexto histórico envolvendo a descoberta e as primeiras células fotovoltaicas, como funciona e a composição de um painel solar fotovoltaico, precisa-se agora definir como são feitas as ligações e como é composto um sistema completo de geração de energia solar.

Um sistema solar fotovoltaico, segundo Valente (2011) [8], Xu e Li (2018) [17], pode ser classificado de duas maneiras:

- Isolados
- Ligados à rede

Em ambos os casos o sistema completo é composto por outros equipamentos além dos painéis, geralmente os mais comuns utilizados são: baterias para armazenamento de energia, inversores de frequência e reguladores de carga para controlarem a potência do circuito.

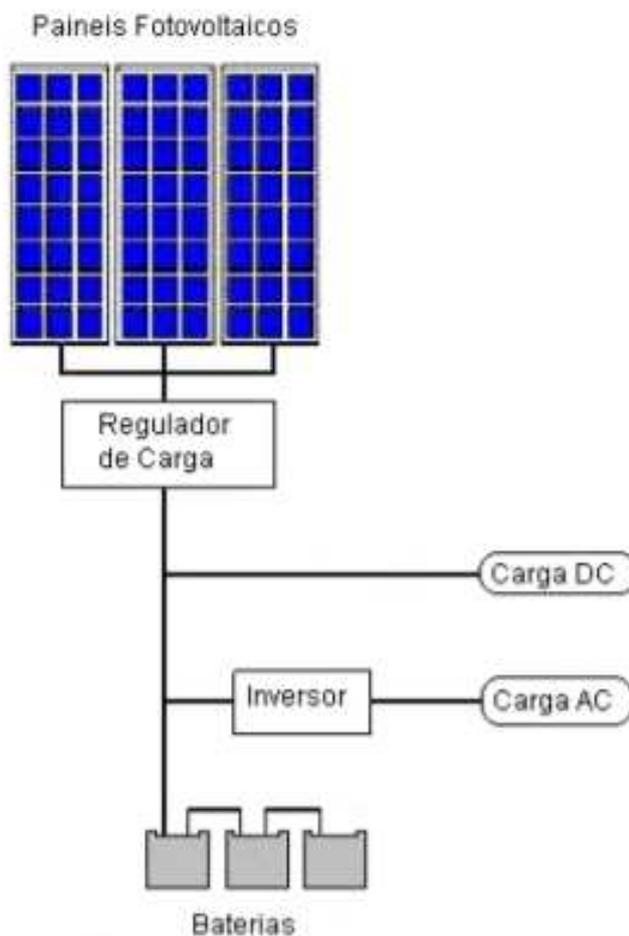
Os sistemas isolados (Figura 10) são aqueles em que a energia gerada é armazenada, segundo o Grupo de Trabalho de Energia Solar (2004) [18], a maior parte dos sistemas fotovoltaicos são isolados, isto porque geralmente são sistemas mais simples, como uma lâmpada para iluminação pública, um semáforo, uma câmera de trânsito ou equipamentos eletrônicos para monitoramento. Porém há também sistemas de geração de energia solar isolados de maior porte, como algumas pequenas propriedades rurais que se beneficiam muito bem desta tecnologia, desse modo, neste caso o armazenamento ocorre para poder suprir a necessidade de energia em períodos onde não há geração, como de noite por exemplo ou em dias com menor incidência solar.

Segundo os autores, os sistemas isolados possuem maior destaque também em países ainda em desenvolvimento por atender facilmente áreas mais remotas. Nota-se atualmente um significativo interesse econômico neste tipo de sistema, pois eles podem atender facilmente diversos tipos de aplicações, como já citado acima, desde uma propriedade rural ou uma residência isolada até uma calculadora ou relógio de pulso.

Por sua vez, existem os sistemas interligados à rede elétrica pública, que segundo os autores são bem mais complexos. Neste caso o sistema atua de forma auxiliar na geração de energia e distribuição para a rede e pode ser de duas formas:

- Centralizada

Figura 10 – Exemplo de sistema isolado



Fonte: Valente (2011) [8]

- Distribuída

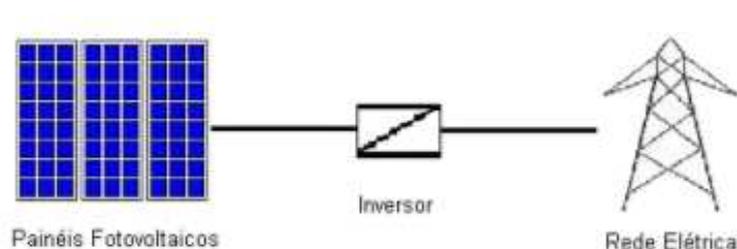
Ambas serão abordadas de forma detalhada mais adiante neste presente trabalho, mas basicamente os sistemas centralizados fornecem energia apenas e exclusivamente à rede, enquanto os distribuídos geram energia para uma carga e o excedente é distribuído para a rede, fato que pode ser exemplificado com uma residência com painéis solares no telhado, a qual é autossuficiente de energia e seu excedente gerado que não foi utilizado é distribuído para a rede elétrica novamente.

Em sistemas interligados à rede não há o uso de baterias para armazenamento de carga, visto que toda a energia gerada ou é consumida em partes por alguma carga ou é distribuída para a rede elétrica. Porém, nota-se sempre o uso de inversores de frequência para melhor adequar o fornecimento da energia a fim de não sobrecarregar nem danificar a rede, satisfazendo assim os critérios de qualidade e segurança definidos pela operadora.

Em geral os sistemas interligados à rede possuem a proposta de maximizar a capacidade da rede e sua rentabilização, estando mais presente nos países desenvolvidos e

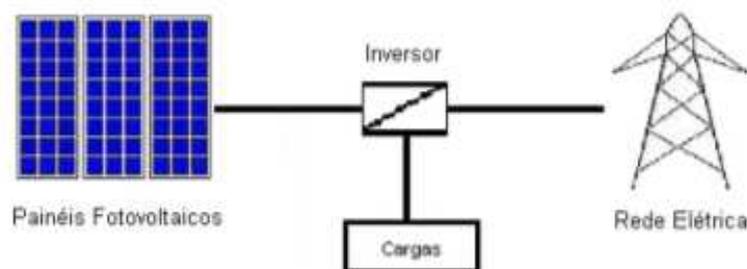
mais industrializados. Um bom exemplo de incentivo a esse tipo de sistema é a União Européia, principalmente em Portugal, pois observa-se o uso de medidas governamentais que incentivam esta tecnologia e o investimento de particulares para este tipo de geração (Figuras 11 e 12).

Figura 11 – Exemplo de sistema interligado a rede (geração centralizada)



Fonte: Valente (2011) [8]

Figura 12 – Exemplo de sistema interligado a rede (geração distribuída)



Fonte: Valente (2011) [8]

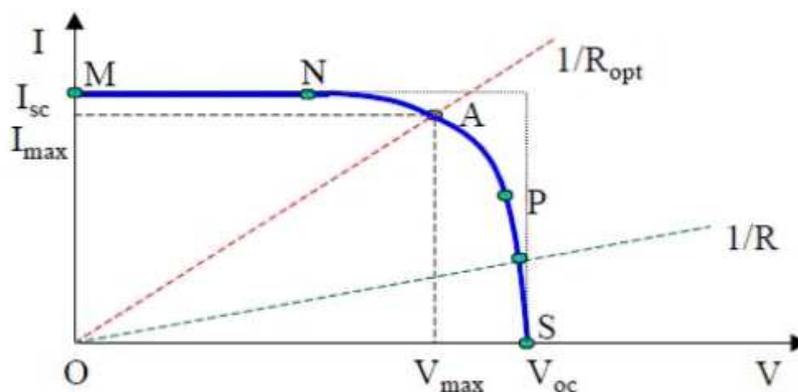
2.1.2 Características, vantagens e desvantagens dos painéis solares

Agora que sabe-se de modo geral como um painel fotovoltaico é composto e seu funcionamento, pode-se pontuar sobre as características, vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica.

Segundo Carrijo et al. (2010) [19], a característica número um dos painéis solares é a dependência da irradiação solar e da temperatura da célula fotovoltaica. De acordo com os autores a variação desses parâmetros causa uma diferença no ponto de potência máxima gerada, gerando assim flutuações e conseqüentemente uma saída de energia não-linear.

Outro fato marcante que caracteriza a geração de energia solar, segundo Meiqin et al. (2009) [20] é a curva que relaciona tensão e corrente envolvidas na geração da energia, conforme a Figura 13.

Figura 13 – Curva V x I de um painel fotovoltaico



Fonte: Hansen et al. (2000) [21]

Esta curva representada na figura é comum para qualquer painel fotovoltaico nas chamadas condições **STC - Standard Test Conditions** (temperatura de 25°C e irradiância de 1000W/m²). Desse modo considera-se que o painel produz uma corrente positiva quando recebe radiação solar. De acordo com Longatt (2005) [22], um painel fotovoltaico também pode ser caracterizados pelas seguintes parâmetros que fundamentam sua operação:

- Corrente de curto circuito
- Ponto de potência máxima
- Tensão de circuito aberto
- Corrente no ponto de potência máxima
- Tensão no ponto de potência máxima

Ainda segundo os autores, a corrente de curto circuito é a máxima corrente que um dispositivo pode produzir considerando tensão e potência nula. O ponto de potência máxima como o próprio nome já diz é o valor máximo de potência que o dispositivo pode produzir. A tensão em circuito aberto é a tensão máxima que o dispositivo pode produzir considerando corrente e potência nula. Corrente e tensão no ponto de potência máxima são conseqüentemente os valores máximos que esses parâmetros alcançam durante a operação.

Outra característica marcante dos painéis solares fotovoltaicos é o apelo sustentável e de preservação ambiental que carregam consigo, deste modo segundo Xu e Li (2018) [17], praticamente todos os componentes de um painel fotovoltaico são reciclados e podem ser reaproveitados, fazendo com que os painéis tenham a característica de serem recicláveis.

Segundo Carrijo et al. (2010) [19] e Yan e Xu (2018) [17] os painéis fotovoltaicos ou a energia solar como um todo rumam para se tornar a principal fonte de energia renovável mundial, isto ocorre pelas vantagens que ela possui frente às demais formas de geração.

De acordo com os autores acima e com Lakatos et al. (2011) [23] as **principais vantagens** da energia solar fotovoltaica é o fato dela ser renovável, pois o Sol é uma fonte de energia que pode-se considerar praticamente inesgotável, além de ser completamente segura, pois as chances de algum acidente acontecer são mínimas, confiável, pelo fato de muitos sistemas contarem com o armazenamento de energia e ter um índice de manutenção baixo, não poluente, pois comparada com as outras formas de geração é a que menos agride o meio ambiente. Fora essas vantagens os autores ainda citam que um excelente motivo para a energia solar estar à frente das demais é o fato de ser ampla e facilmente distribuída, pois pode atingir lugares remotos onde seria muitas vezes de difícil acesso para outras fontes energéticas, pode-se citar também a sua eficiência, que além de já ter um bom aproveitamento energético ainda é uma tecnologia relativamente nova e está em constante aprimoramento e estudos para ser ainda mais eficiente no futuro. Por último vale destacar como uma das vantagens principais o fato de ser não poluente.

Quanto às **desvantagens** dos painéis solares fotovoltaicos, Scherer et al. (2015) [24], citam que umas das principais é o fato de que para se iniciar um sistema completo de energia solar fotovoltaica há um custo elevado atualmente em nível nacional mesmo com as constantes quedas de preço anuais devido à popularização do seu uso. Fora o custo alto, os autores citam que outra desvantagem seria a dificuldade em conter energia, porém está longe de ser algo que comprometa o rendimento e a viabilidade, segundo os mesmos este fato pode ser mitigado unindo a geração de energia com a conservação de calor solar para aquecimento de água por exemplo.

2.1.3 Tipos de Geração de Energia Solar Fotovoltaica

Como já citado brevemente anteriormente, segundo a ABSOLAR (2021) [2] nota-se claramente os dois tipos de geração solar fotovoltaica no Brasil:

- Geração Centralizada
- Geração Distribuída

Basicamente a Geração Centralizada nada mais é que usinas fotovoltaicas geradoras de energia solar, onde a maioria se localiza no estado de Minas Gerais, conforme é mostrado no Figura 14, seguido pelo estado da Bahia com aproximadamente metade da capacidade do líder. Percebe-se que entre os anos de 2015 a 2017 esta era a forma de geração que dominava o mercado no país (Figura 14).

Por sua vez, a forma de Geração Distribuída se refere aos comércios e residências com placas solares instaladas que além de atender a sua demanda energética, ainda fornecem

Figura 14 – Geração Centralizada



Fonte: ABSOLAR (2021) [2]

o excedente para distribuição na rede. Observa-se que a partir do ano de 2017 esta forma de geração teve grande destaque e hoje é a que domina o cenário atual no país (Figuras 15 e 16).

Segundo os dados ABSOLAR (2021) [2] e ANEEL (2021) [6], a geração distribuída caminha para se tornar a principal forma de geração de energia solar fotovoltaica num futuro próximo no país. Conforme observa-se na Figura 16, tem-se que a maioria, em torno de 43,6%, da potência instalada provém de residências particulares onde o proprietário decide instalar painéis solares a fim de reduzir seu custo da energia elétrica. Outros 33,8% da potência instalada por meio de energia fotovoltaica são provenientes de comércios e prestadores de serviços, nota-se também que o setor agrícola tem significativa participação, pois como já foi mencionado geralmente são propriedades em áreas remotas onde a energia solar acaba sendo uma alternativa ideal. O setor rural inclusive possui maior participação que a indústria em termo de potência instalada.

Se for observado em número de sistemas instalados o resultado é semelhante também,

Figura 15 – Geração Distribuída



Fonte: ABSOLAR (2021) [2]

Figura 16 – Dados da Geração Distribuída



Fonte: ABSOLAR (2021) [2]

as residências particulares lideram o ranking com cerca de 570.437 sistemas, o setor do comércio e serviços vem em segundo lugar com um número de aproximadamente 100.000 unidades. Já o setor rural e industrial juntos somam pouco menos que 10% de todos os sistemas instalados no país.

Ainda segundo as duas agências (ABSOLAR, 2021; ANEEL, 2021) [2] e [6], com a passagem do ano 2021 para 2022, somando a geração distribuída com a centralizada se

obteve novos recordes de geração energética solar. Na média foram 1.322 MW produzidos diariamente no país em 2021, os quais atenderam cerca de 1,8% de toda a demanda energética nacional. A máxima diária chegou a 3.626 MW, às 10 horas e 52 minutos do dia 28 de Setembro de 2021 o que equivale a 4,7% da demanda energética do país naquele instante. E cerca de 1,6% de toda a oferta de energia elétrica do Brasil em 2021 foi gerada a partir de fontes solares fotovoltaicas tanto por meio da geração distribuída quanto por meio da geração centralizada, o que mostra que tem uma grande margem para crescimento (Figura 17).

Figura 17 – Recordes da energia solar 2021



Fonte: ABSOLAR (2021) [2]

2.1.4 Políticas e Legislação no Brasil

Uma fonte de geração de energia renovável, como é o caso da energia solar fotovoltaica, é mais custosa que outras fontes mais convencionais de energia. Porém, embora mais caras inicialmente, as fontes de geração de energias renováveis, assim como qualquer outra tecnologia, se tornam cada vez mais baratas e comuns na medida que se popularizam no cotidiano da sociedade, devido ao efeito da oferta e demanda, tendo como principal motivador para a redução de custo e aumento da competitividade o ganho de escala tecnológico.

Desse modo, segundo Ambrosio (2020) [3], WWF (2020) [25] e o site Socio Ambiental (2019) [26], no decorrer dos últimos anos aumentou-se a preocupação do Brasil com as causas ambientais e com a busca de novas fontes de energias renováveis devido à entrada do país no Acordo de Paris durante a COP 21, em 2015. Assim o Brasil assumiu publicamente o compromisso de reduzir em 37%, comparado com os níveis do ano de 2005, as emissões dos gases causadores do efeito estufa até 2025 e em 43%, tendo como base também o ano de 2005, até o ano de 2030.

Com a intenção de impulsionar as energias renováveis no país, principalmente a fotovoltaica e visando cumprir com o acordo firmado, o Brasil adotou medidas e incentivos que se assemelham aos países que mais desenvolveram energia por meio de fontes renováveis, os quais podem ser enquadrados das seguintes formas:

- Incentivos para importação ou fabricação de equipamentos relacionados
- Incentivos e crédito por meio de financiamentos para compra de painéis
- Regulamentação do comércio de energia gerada através dessas fontes

De acordo com Silva (2015) [27] e Nascimento (2017) [28], a energia solar fotovoltaica ainda está em um estágio inicial no Brasil, porém nota-se que os incentivos têm mostrado resultados satisfatórios e que engloba também outras fontes de energias renováveis, como a eólica, por exemplo. Segundo os autores, além das categorias em que os incentivos se enquadram acima, pode-se citar cada um deles existentes atualmente no país que são:

- Descontos nas tarifas TUST e TUSD para sistemas que injetam até 30.000 kW na rede elétrica - Tais tarifas podem ser denominadas como Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão e Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição respectivamente. Os descontos chegam a partir de no mínimo 50% sob a produção e o consumo de energia e podem chegar a 80% nos primeiros dez anos de funcionamento para sistemas instalados até o dia 31 de Dezembro de 2017, voltando aos 50% nos anos subsequentes.
- Consumidores com carga entre 500 kW e 3.000 kW, denominados consumidores especiais, possuem a vantagem da venda direta em geradores de energia solar e outras fontes renováveis para potência distribuída na rede menor que 50.000 kW, também há descontos nas tarifas de utilização.
- O convênio número 101 do ano de 1997 do CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária retira o ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços de diversos equipamentos destinados à geração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos ou eólica. Não se estendendo apenas para medidores e inversores de frequência.
- A Resolução Normativa da ANEEL número 482, datada de 17 de Abril do ano 2012, permite que usuários geradores de menos de 5 MW por meio de fontes solares ou quaisquer outras fontes de energia renováveis compensem a energia elétrica injetada na rede com a energia consumida, o denominado Sistema de Compensação de Energia Elétrica para Micro-geração Distribuída.

- A lei número 11.488, datada de 15 de Junho do ano de 2007, institui o REIDI - Regime Especial de Incentivos para Desenvolvimento da Infraestrutura que suspende por cinco anos a cobrança dos seguintes impostos: Cofins e PIS/PASEP, para venda ou importação de equipamentos, maquinários, aparelhos e instrumentos destinados à obras de infraestrutura no setor de geração de energia.
- A lei número 12.431, datada de 24 de Junho do ano de 2011, exime pessoas físicas do pagamento de Imposto de Renda sobre os rendimentos relacionados à debêntures e demais títulos voltados para a cooptação de recursos e investimentos em projetos de infraestrutura ou pesquisas ligados à geração de energia elétrica por meio de fonte solar.
- Redução de Imposto de Renda para projetos ligados aos setores prioritários, incluindo o setor de energia, implantados nas áreas delimitadas pela atuação dos seguintes órgãos: SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, SUDECO - Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste.
- Financiamentos com condições especiais de créditos cedidos por meio do BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento, CEF - Caixa Econômica Federal e FNMC - Fundo Nacional sobre Mudança do Clima.
- Isenções de impostos para produção equipamentos de automação e informática.
- Destinação de recursos financeiros para pesquisa e desenvolvimento em projetos realizados por empresas do setor elétrico relacionados com a geração de energia elétrica solar fotovoltaica e aprovados pela ANEEL.
- Leilões de compra de energia elétrica com produtos específicos de fonte solar.

Segundo o G1 (2022) [29], desde o ano de 2020 a geração solar distribuída já cresceu em torno de 230% e há projeções para um crescimento ainda maior em 2022, pois apenas na primeira quinzena de Outubro do ano de 2021 a produção de energia solar cresceu 46,6%, tais dados mostram que os incentivos vem atingindo os resultados esperados. De acordo com a reportagem, fora os incentivos presentes no país, os demais fatores que contribuem para o crescimento da energia solar fotovoltaica são: a expectativa com as metas da **COP 26** e o engajamento com o cenário mundial, que conforme a IEA - Agência Internacional de Energia (2022) [30], a energia solar tende a chegar a 30% de toda a demanda global já em 2022, pois vem crescendo exponencialmente.

3 Metodologia da Pesquisa

Com a finalidade de dar credibilidade a uma pesquisa e para que atinja seus objetivos é necessário que seja definida a metodologia a ser utilizada. Desse modo se procura esclarecer todo o procedimento adotado durante seu desenvolvimento de forma clara, objetiva e organizada para que possa ser compreendido facilmente tanto pelo pesquisador quanto pelos leitores. Portanto neste capítulo será abordado sobre as questões que delimitam a metodologia científica da pesquisa, a classificação da pesquisa, as ferramentas para coleta e organização dos dados e suas tabulações.

3.1 Classificação da Pesquisa

Conforme Silva, Menezes (2005) [31] e Gil (2002) [32], toda pesquisa científica pode ser classificada em quatro categorias distintas sendo: natureza, objetivos, abordagem e procedimentos técnicos.

Portanto, seguindo a linha de raciocínio dos autores acima, quanto à natureza esta pesquisa pode ser classificada como básica por se tratar de uma revisão bibliográfica. Quanto aos objetivos, esta pesquisa pode ser enquadrada como exploratória e descritiva, pois busca apresentar um problema e descrevê-lo com a intenção de torná-lo explícito. Em relação a abordagem o trabalho pode ser classificado como predominantemente qualitativo - por categorizar e discutir barreiras - mas também como quantitativo, ao analisar algumas estatísticas das produções científicas, enquadrando-o como uma pesquisa de abordagem mista. Por fim, quanto aos procedimentos técnicos, pode-se enquadrar esta pesquisa, segundo Gil (2002) [32], como um estudo bibliográfico e documental pelo fato de ser realizada sobre outros estudos e artigos científicos já realizados anteriormente.

3.2 Revisão de literatura estruturada

Segundo os autores Vaz e Uriona-Maldonado (2017) [33], a revisão de literatura é um processo fundamental para a compreensão de determinado assunto e seu estado da arte. Portanto a revisão de literatura estruturada é uma forma de elencar etapas, métodos e procedimentos para se realizar uma revisão bibliográfica.

3.2.1 Método SYSMAP

O modelo de revisão de literatura estruturada proposto em questão é chamado de SYSMAP - Scientometric and sYStematic yielding MApping Process e tem por objetivo fazer com que um leitor, sem conhecimento algum de determinado tema, consiga

de forma estruturada identificar detalhes específicos sobre algum assunto através de análises cientométricas e análises de conteúdo fazendo uma combinação de ambas (VAZ e URIONA-MALDONADO, 2017) [33].

Para melhor compreensão da metodologia é necessário entender os conceitos de análises bibliométrica e análise sistemática. A primeira análise é mais quantitativa e diz respeito à contribuição do conhecimento envolvido para determinada área. Por sua vez, a análise sistemática corresponde ao fato de analisar qualitativamente, ou seja, é uma análise voltada ao conteúdo de determinado assunto.

A etapas da metodologia SYSMAP são mostradas na Figura 18 e podem ser descritas da seguinte maneira:

Figura 18 – Etapas SYSMAP



Fonte: Vaz e Uriona-Maldonado (2017) [33]

I) Etapa de Construção: é a etapa inicial da metodologia, na qual as palavras-chaves de busca são definidas, para assim se obter uma busca adequada e de qualidade sobre o conteúdo a ser estudado. Também é nesta etapa onde são definidas as bases de dados onde ocorrerão as buscas.

II) Etapa de Filtragem: é nesta etapa onde ocorre a identificação dos artigos e documentos, sendo os mesmos organizados e separados caso sejam repetidos ou não tenham tanta afinidade com o tema. Esta etapa é realizada em cima da leitura do título e resumo dos materiais.

III) Etapa de Bibliometria ou Cientométrica: é nesta etapa que ocorre a identificação dos principais autores, periódicos e palavras-chaves sobre o tema pesquisado, bem como

demais informações relevantes relacionadas à quantificação dos dados.

IV) Etapa de Análise Sistemática ou de Conteúdo: é nesta etapa onde os artigos e documentos (selecionados na etapa de filtragem) são lidos por inteiro visando o entendimento de seu conteúdo e a identificação das lacunas sobre o tema abordado

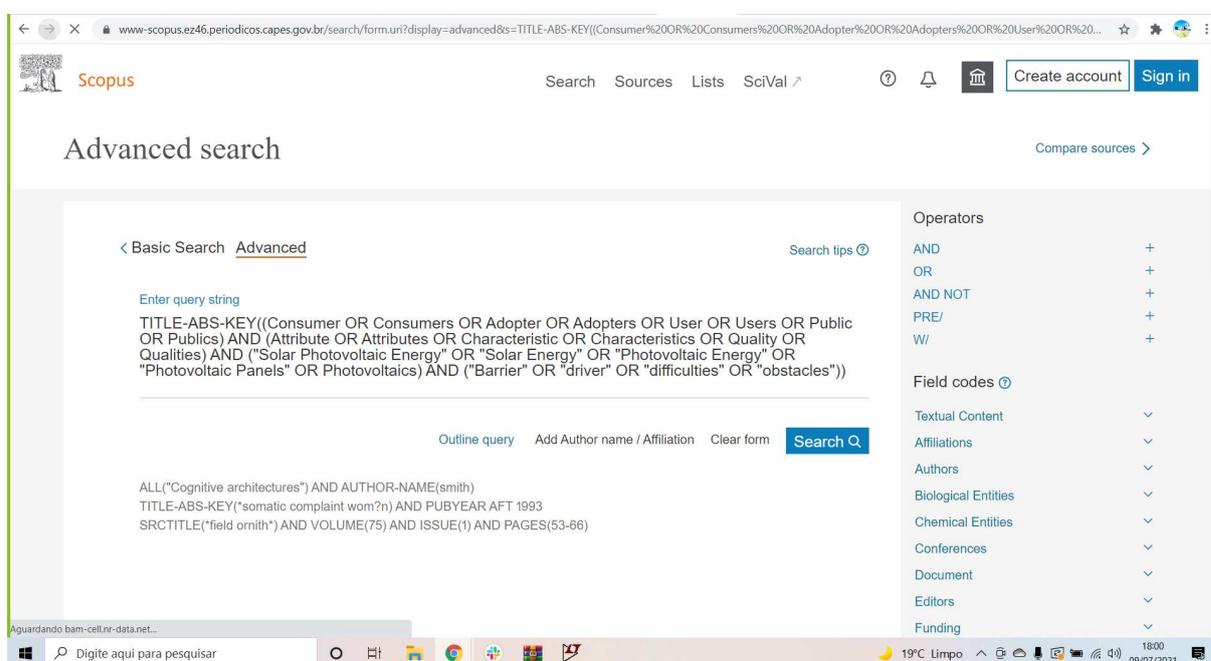
3.2.2 Coleta dos Dados da Revisão de Literatura

Seguindo os princípios da metodologia definida, a fase de buscas de artigos e documentos desta pesquisa foi realizada entre os meses de Julho e Outubro do ano de 2021, adquirindo dados das obras como: título, *abstract* e *keywords*. As buscas ocorreram em três bases de dados sendo: *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*, com a utilização das seguintes palavras-chaves, definidas na primeira etapa da metodologia proposta:

(Consumer OR Consumers OR Adopter OR Adopters OR User OR Users OR Public OR Publics) AND (Attribute OR Attributes OR Characteristic OR Characteristics OR Quality OR Qualities) AND (“Solar Photovoltaic Energy” OR “Solar Energy” OR “Photovoltaic Energy” OR “Photovoltaic Panels” OR Photovoltaics) AND (Barrier OR driver OR difficulties OR obstacles).

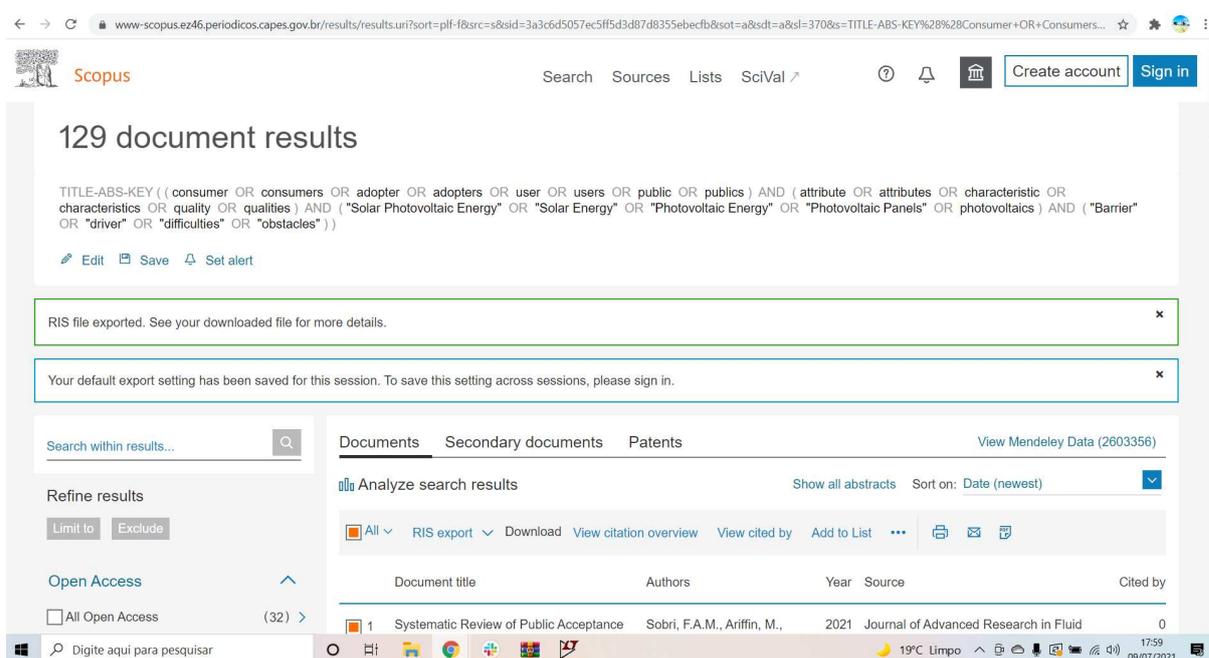
Conforme pode-se visualizar nas figuras das buscas que formas realizadas nas bases de dados. As Figuras 19 e 20, mostram a busca realizada na *Scopus*.

Figura 19 – Busca realizada na base de dados *Scopus*



Fonte: O autor

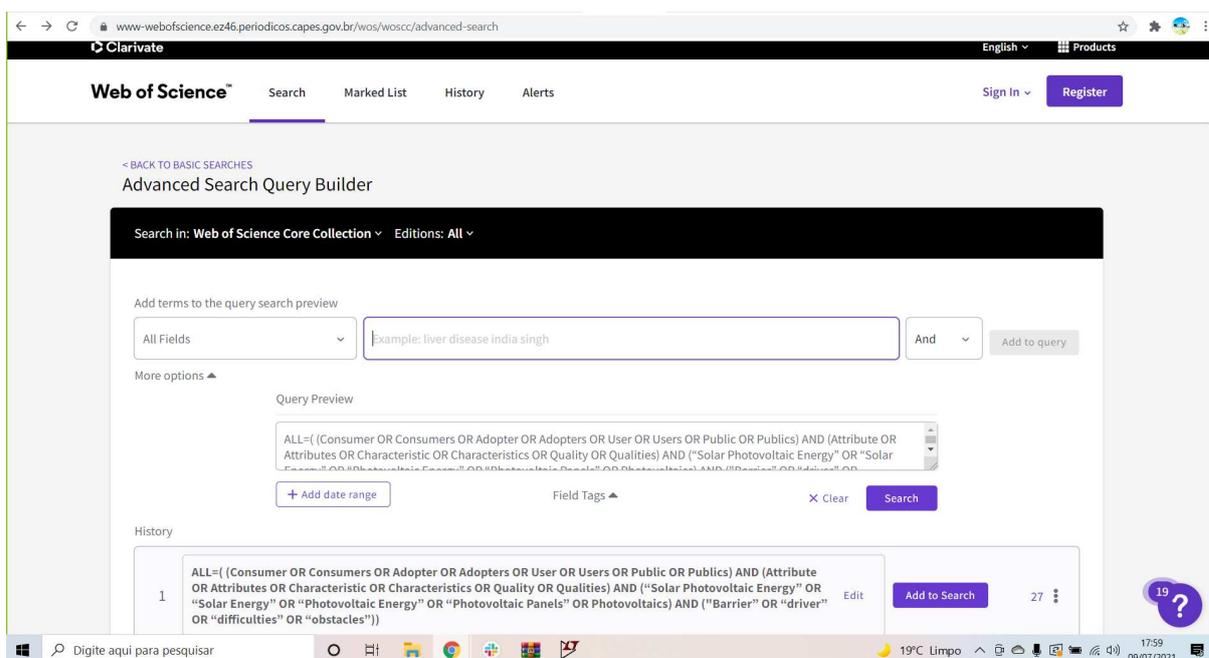
Figura 20 – Resultados encontrados na base de dados *Scopus*



Fonte: O autor

Já a Figura 21 mostra a busca realizada na base de dados *Web of Science* com as mesmas palavras, e a Figura 22 os resultados encontrados nessa base:

Figura 21 – Busca realizada na base de dados *Web of Science*



Fonte: O autor

Figura 22 – Resultados encontrados na base de dados *Web of Science*

Fonte: O autor

Por sua vez a Figura 23 mostra a busca realizada na base de dados *Science Direct* utilizando as mesmas palavras definidas e a Figura 24 exhibe os resultados encontrados nessa mesma base de dados.

Figura 23 – Busca realizada na base de dados *Science Direct*

Fonte: O autor

Figura 24 – Resultados obtidos na base de dados *Science Direct*

Fonte: O autor

Portanto na **Fase I** do método SYSMAP, que corresponde a fase de construção de documentos a serem utilizados, foram encontrados 129 artigos na base de dados *Scopus*, 27 artigos na *Web of Science* e 162 artigos na base de dados *Science Direct*, totalizando 318 documentos ao total para a primeira amostra. Posteriormente foram encontrados mais 4 artigos que estavam indisponíveis na base de dados *Web of Science*, totalizando 166 artigos provenientes desta base e 322 documentos no total da amostra.

Para a **Fase II**, que é a fase de filtragem da metodologia, foi realizada a remoção de artigos duplicados, desse modo dos 322 artigos encontrados acabaram restando 221, ou seja, houve a remoção de 101 artigos repetidos verificando-se que não se tratavam todos de uma única base de dados, para não excluí-la. Além disso, nesta fase de filtragem foram utilizados também os critérios de disponibilidade e alinhamento com o tema, com isso artigos que pouco ou nada tinham a ver com a tema abordado ou não estavam disponíveis também foram retirados nesta etapa, restando 57 artigos para serem lidos integralmente durante a **Fase IV**, ou de Análise Sistemática, que será descrita mais detalhadamente no próximo tópico deste capítulo.

A **Fase III** compreende a Análise Cientométrica ou Bibliométrica dos 221 artigos não repetidos, encontrados nas três bases de dados, que restaram na fase de filtragem e teve auxílio do software *VOSViewer*. Posteriormente ocorreu a leitura integral dos 57 artigos restantes para a **Fase IV**.

3.2.3 Análise Sistemática: Tabulação dos Dados e Análise dos Dados

Como mencionado no tópico anterior, neste mesmo capítulo, a Fase IV corresponde a Análise Sistemática ou de Conteúdo, sendo assim, é nela em que ocorre a leitura integral dos artigos restantes das fases anteriores, bem como as devidas análises.

Durante esta etapa foram levantadas as seguintes questões para que fossem esclarecidas em cada artigo e assim definido se o mesmo realmente estava alinhado com o tema ou não:

- Quais são as principais barreiras encontradas na área de fotovoltaicas?
- Por que essas barreiras surgem na cadeia de painéis fotovoltaicos?
- Essas barreiras estão interligadas entre si na cadeia de painéis fotovoltaicos?
- Como podem ser minimizadas/reduzidas de acontecer essas barreiras na cadeia de painéis fotovoltaicos?
- Essas barreiras afetam mais os consumidores internos ou externos na cadeia de painéis fotovoltaicos?

Após esta última fase da metodologia, realizada na segunda amostra composta pelos 57 artigos restantes das fases anteriores e lidos na íntegra, apenas 22 artigos foram capazes de responderem os questionamentos levantados, portanto através destes artigos foram elencadas as barreiras e fatores que influenciam na adoção de painéis solares fotovoltaicos e como os efeitos de cada uma delas podem ser mitigados ou minimizados.

3.3 Softwares utilizados na Pesquisa

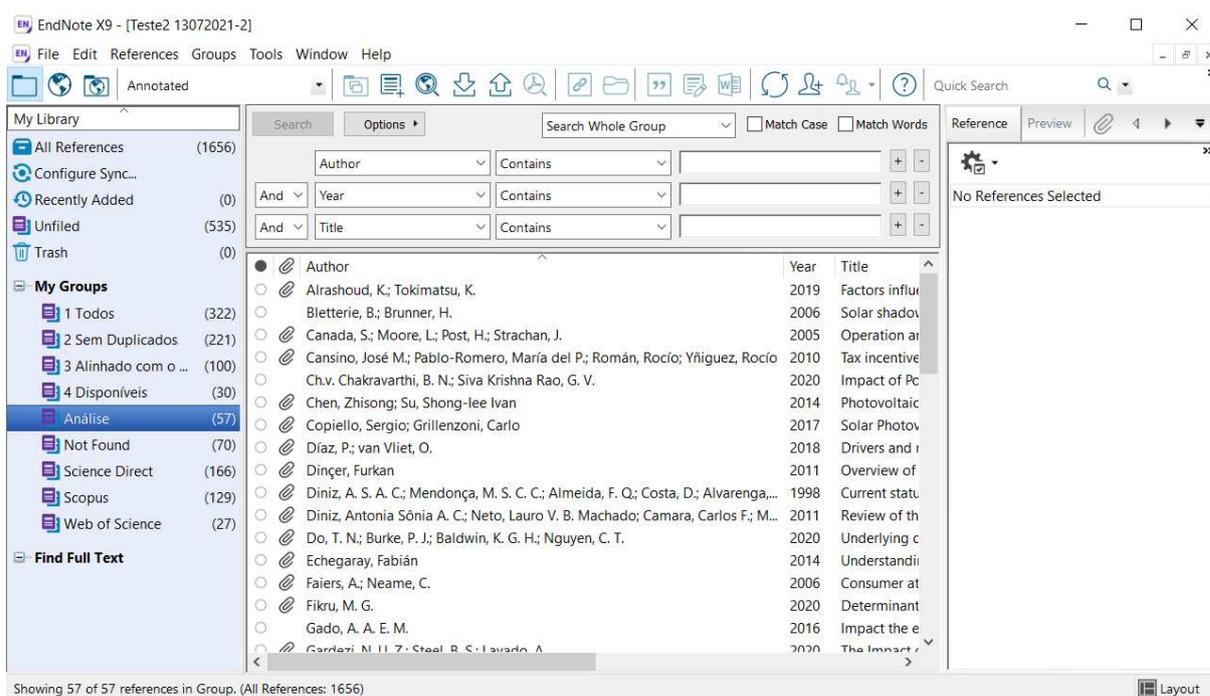
Para facilitar a análise, coleta e tabulação dos dados necessários foram utilizados softwares específicos como o *EndNote* e o *VOSViewer*.

3.3.1 *EndNote*

O *EndNote* é um software desenvolvido pela *Thomson Scientific* no qual é possível realizar a gestão e organização de referências bibliográficas. De acordo com Herbert (2002) a principal função do programa é facilitar o trabalho de pesquisa e escrita de trabalhos científicos e acadêmicos através da possibilidade de reunir referências bibliográficas provenientes de bases de dados disponíveis na internet por meio de metadados, agrupando-os de diversas maneiras conforme a necessidade.

Para este presente trabalho o *software EndNote* foi de grande utilidade por ter sido usado como gerenciador de todas as referências, bem como importador de metadados das três bases de dados, *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*. A Figura 25 mostra a tela do *software*, contendo as referências, que foi utilizada durante todo o decorrer desta pesquisa.

Figura 25 – Tela do *software EndNote X9*

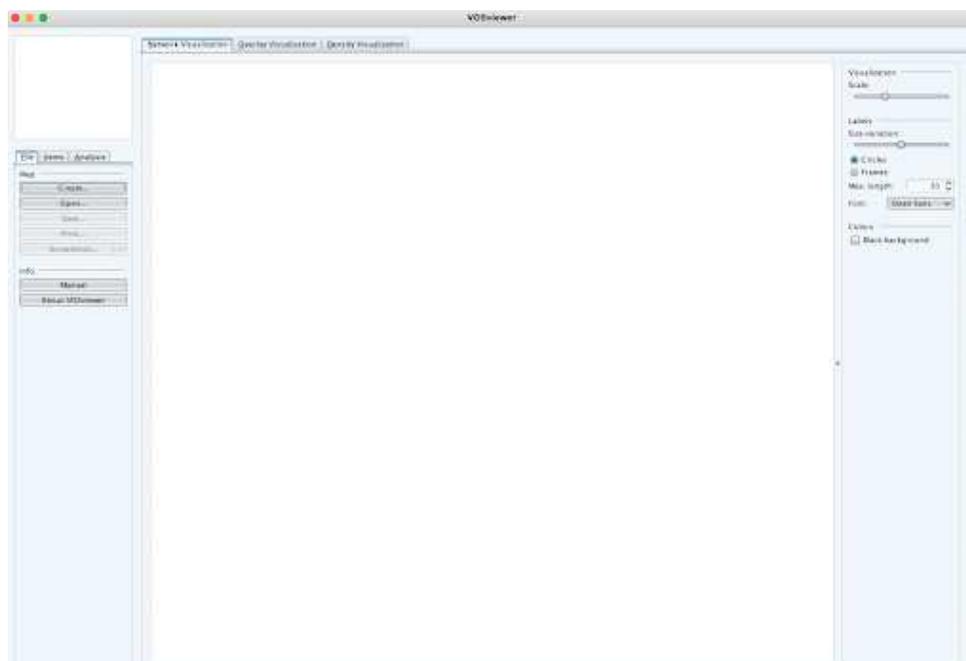


Fonte: O autor

3.3.2 VOSviewer

O *VOSviewer* (Figura 26) é uma ferramenta de software para construção e visualização de redes bibliométricas. Essas redes podem, por exemplo, incluir periódicos, pesquisadores ou publicações individuais, e podem ser construídas com base em relações de citação, acoplamento bibliográfico, co-citação ou co-autoria. O *VOSviewer* também oferece funcionalidade de mineração de texto que pode ser usada para construir e visualizar redes de co-ocorrência de termos importantes extraídos de um corpo de literatura científica (VERBONG; GEELS, 2007) [34].

Figura 26 – Tela do *software VOSviewer*



Fonte: O autor

4 Resultados e Discussão

O quarto capítulo deste presente trabalho denominado Resultados e Discussões, como o próprio nome já diz, busca trazer os resultados obtidos com a pesquisa, bem como suas análises. O capítulo foi dividido em quatro tópicos sendo eles: Análises do Processo de Revisão, Análise Bibliométrica, na qual serão abordados quantitativamente os artigos encontrados nas bases de dados pesquisadas, Análise Sistemática, composta pela análise de conteúdo dos artigos e Análise dos Fatores/Barreiras, onde será analisado cada fator ou barreira encontrada para a difusão da energia solar fotovoltaica no Brasil.

4.1 Análise Bibliométrica

Os resultados iniciais desta pesquisa a respeito do tema “Fatores e Barreiras para Adoção de Painéis Fotovoltaicos no Brasil”, realizada nas bases de dados da *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct* entre os meses de Julho e Agosto do anos de 2021, são apresentados a seguir.

Com as palavras-chaves já mencionadas no capítulo de metodologia da pesquisa, obtiveram-se 166 artigos nas bases da *Science Direct*, 129 artigos nas bases da *Scopus* e 27 artigos nas bases da *Web of Science*, totalizando 322 artigos no total de todas as bases.

A Tabela 1 mostra os principais resultados encontrados nesta pesquisa. Nota-se que 165 autores escreveram sobre o assunto e que foram publicados 322 documentos.

Tabela 1 – Principais dados encontrados na pesquisa

Descrição dos Dados	Resultado
Documentos	322
Documentos Duplicados (desconsiderados da pesquisa)	101
Documentos Analisados na Pesquisa	57
Fontes (Jornais, Livros, Revistas...)	35
Palavras Chaves	513
Período	1982 - 2021
Média de citações por documento	51,75
Autores	165
Autores de documentos (autoria única)	155
Autores de documentos com vários autores	10
Documentos por autor	0,345
Autores por documento	2,89

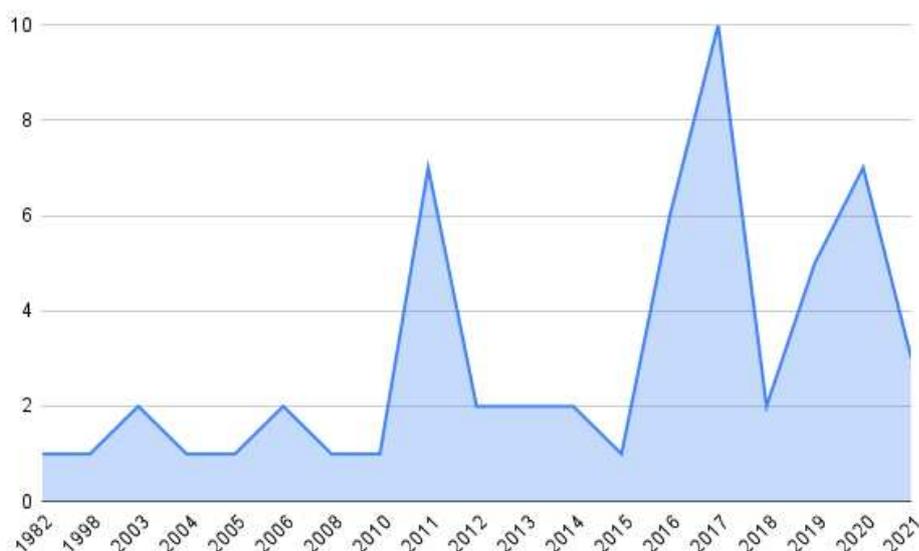
Fonte: O autor

Desses 322 documentos encontrados em todas as três bases de dados pesquisadas, 101 deles eram repetidos e portanto foram desconsiderados para a pesquisa, fazendo com que

221 artigos fossem únicos e utilizáveis. Ainda analisando e filtrando os 221 artigos, apenas 57 deles tinham realmente a ver com o tema e foram analisados afincamente durante o decorrer desta pesquisa, nota-se também um número de 35 fontes, nas quais se incluem jornais, revistas, livros e demais publicações. Ao todo foram 513 palavras-chaves em todos os artigos com uma média de 2,26 documentos por autor e 155 autores com autoria única (apenas um documento sobre o tema).

Em todas as três bases de dados (*Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*) foram utilizados todos os períodos de busca disponíveis. No entanto, como se pode ver na Figura 27, a qual mostra a produção científica ao longo dos anos, apenas a partir do ano 1982 começaram a ser publicados os primeiros trabalhos sobre o tema, apesar de os estudos sobre geração de energia fotovoltaica, células fotovoltaicas e sobre o próprio Efeito Fotovoltaico serem datados de mais antigamente.

Figura 27 – Periodicidade de publicação dos artigos



Fonte: O autor

O primeiro artigo encontrado é datado do ano de 1982 e até o ano 1998 não se encontraram artigos referentes ao tema. Entre os anos de 1998 e 2002 nota-se também uma lacuna de publicações referente ao tema, porém a partir de 2003, ano em que houveram duas publicações que se encaixam na temática, observa-se uma regularidade de publicação que permanece até os dias atuais.

Entre os anos de 2010 e 2012 pode-se observar um aumento da produção científica sobre o tema e entre 2015 e 2018 percebe-se novamente um expressivo crescimento da temática, fato que se deve ao contexto global vigente.

Sobre o primeiro artigo, do ano de 1982, seu título original é: “Leaders in change. Solar energy owners and the implications for future adoption rates”, o qual traduzido para o português se torna: “Líderes em mudança. Proprietários de energia solar e as

implicações para as taxas de adoção futuras”. Seu autor é Stephen W. Sawyer, o qual é referenciado por Sawyer, S. W. em publicações científicas, e foi publicado pelo jornal internacional *Technological Forecasting and Social Change*. O artigo se trata de uma análise das informações sobre as características ambientais da onda inicial de proprietários que instalaram sistemas de energia solar para antecipar os padrões de penetração do mercado solar futuro, apresentando informações sobre os aspectos socioeconômicos, características, motivações e níveis de satisfação da onda inicial de proprietários que adotaram sistemas de aquecimento de água ou de energia solar (SAWYER, 1982) [35].

Atualmente, passado o “boom” de artigos citado acima nos anos de 2015 a 2017 e uma leve alta durante os anos de 2019 e 2020, nota-se uma baixa na produção científica sobre o tema, fato que possivelmente ocorre devido à data em que a pesquisa foi realizada, como o ano de 2021 ainda não tinha sido encerrado há grande possibilidade de novos artigos terem sido publicados.

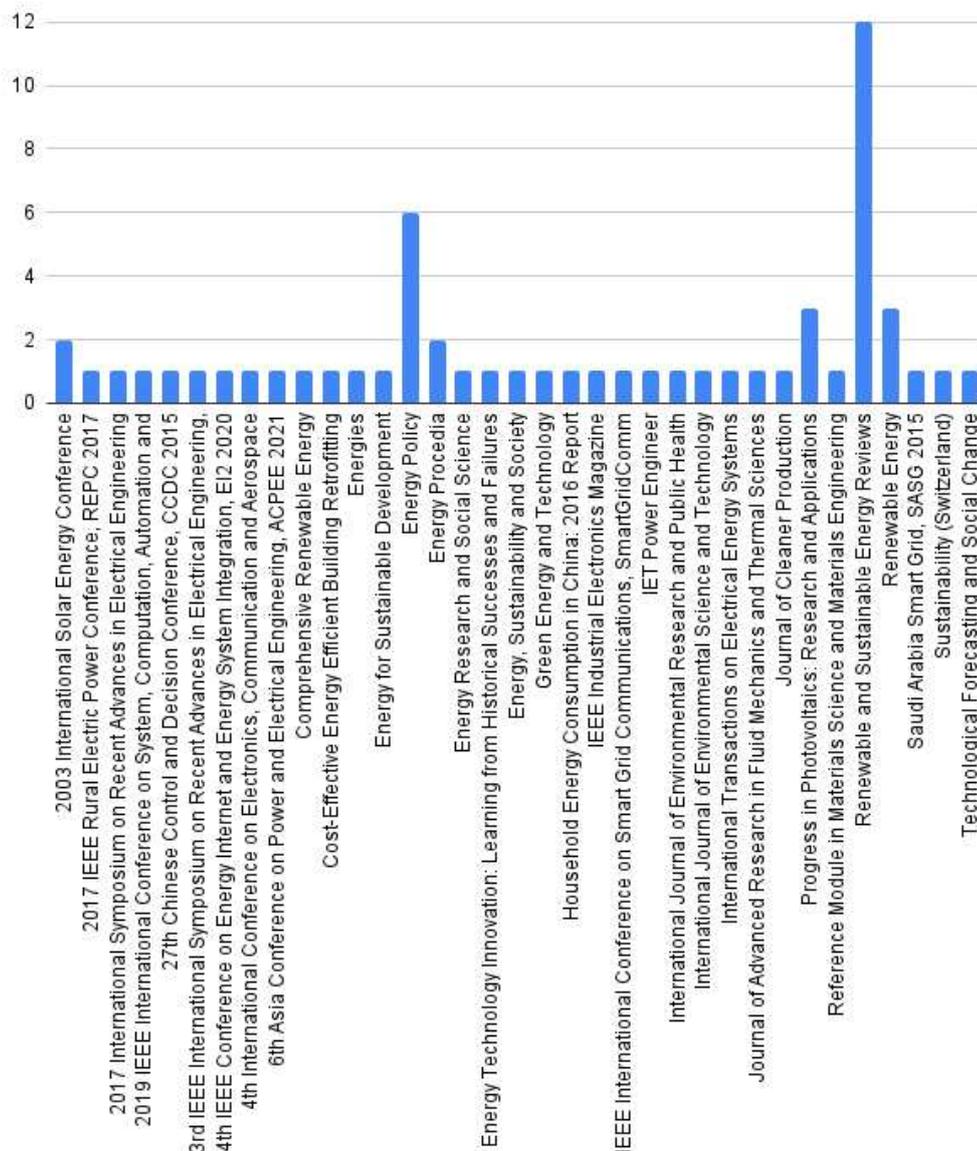
Quanto aos periódicos, de acordo com a Tabela 1, tem-se um total de 35 fontes, sendo elas distribuídas de acordo com a Figura 28.

Pode-se notar claramente que a maioria dos periódicos que foram utilizados para a pesquisa possuem apenas uma única publicação sobre o tema de interesse, porém nota-se destaque para 6 fontes as quais tiveram duas ou mais publicações, sendo elas:

- Renewable and Sustainable Energy Reviews (12)
- Energy Policy (6)
- Progress in Photovoltaics: Research and Applications (3)
- Renewable Energy (3)
- Energy Procedia (2)
- 2003 International Solar Energy Conference (2)

Como se pode notar a *Renewable and Sustainable Energy Reviews* foi a fonte com maior contribuições para o tema com um total de 12 artigos publicados. Segundo seu editor chefe, Aoife Foley e o site Elsevier, a revista de código ISSN: 1364-0321 e baseada no Reino Unido tem como objetivo transmitir o pensamento crítico de forma mais interessante e relevante em energia renovável e sustentável, a fim de reunir a comunidade de pesquisa, o setor privado e os tomadores de decisão, compartilhando problemas, soluções, novas ideias e tecnologias para apoiar o desenvolvimento sustentável, a transição para um futuro de baixo carbono e alcançar nossas metas de emissões, conforme estabelecido pela Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. A revista publica artigos sobre revisões, pesquisas, estudos de caso e análises de novas tecnologias que possuem um elemento

Figura 28 – Gráfico de Periódicos



Fonte: O autor

significativo, podendo assumir a forma de crítica, comparação ou análise. Também está no escopo de publicação uma nova forma de artigo, denominada Expert Insights, que são mini-revisões encomendadas de líderes de campo sobre tópicos de grande interesse. Os estudos de caso publicados pela revista apenas são considerados se demonstram a aplicabilidade do trabalho em outras regiões ou tornam a área da energia renovável e sustentável mais ampla.

Por sua vez o periódico Energy Policy foi a fonte que teve a segunda maior contribuição em número de artigos para esta pesquisa com um total de 6 artigos publicados. A revista

possui código ISSN: 0301-4215 e origem também no Reino Unido, fazendo com que seja a região de maior contribuição de estudos para esta pesquisa. De acordo com seu editor, o professor Stephen D. Thomas, em descrição ao site Elsevier, a *Energy Policy* é uma revista internacional revisada por pares (*peer-reviewed*), que é um método de revisão científica feito por especialistas independentes, suas principais abordagens são sobre as implicações políticas de fornecimento e uso de energia a partir de seus aspectos econômicos, sociais, de planejamento e ambientais. Os artigos podem abranger tópicos globais, regionais, nacionais ou mesmo locais que tenham um significado político mais amplo e interesse para agências internacionais, governos, entidades do setor público e privado, comunidades locais e organizações não governamentais. Dentro desse amplo espectro, os tópicos de interesse particular incluem regulamentação energética e ambiental, segurança do fornecimento de energia, qualidade e eficiência dos serviços de energia, eficácia de abordagens baseadas no mercado e/ou intervenções governamentais, inovação e difusão tecnológica e iniciativas voluntárias fazendo com que as implicações políticas mais vantajosas possam ser reconhecidas.

Pode-se dar destaque também para outras 3 fontes que tiveram mais de um artigos publicados e utilizados nesta pesquisa: *Renewable Energy*, com três artigos, *Energy Procedia* com dois artigos e a conferência denominada 2003 International Solar Energy Conference também com dois artigos. Todas as demais fontes tiveram contribuição única de apenas um artigo cada para a pesquisa.

4.1.1 Análise de autores

Quanto aos autores, ainda de acordo com a Tabela 1, foram ao total 165 autores que contribuíram para o decorrer desta pesquisa, sendo a maioria deles autores de autoria única, o que significa que contribuíram com apenas um artigo, conforme mostra a Figura 29.

Nota-se que 10 autores ganham destaque por terem publicado mais de um trabalho sobre o tema, sendo eles:

- Ahsan, M. U.
- Elnimeiri, M.
- Fan, Lei-Lei
- Hu, J.
- Khalil, I. U.
- Khattak, A.
- Li, Z.

Figura 29 – Lista de autores e quantidade de artigos

Autor	Nº	Autor	Nº	Autor	Nº	Autor	Nº	Autor	Nº
Ackom, E. K.	1	De, B.	1	Kenny, R.	1	Pablo-Romero, Maria del P.	1	Steel, B. S.	1
Adaramola, M. S.	1	Dechu, S.	1	Khadilkar, H.	1	Pal, Y.	1	Strachan, J.	1
Ahsan, M. U.	2	Di Leo, Paolo	1	Khalil, I. U.	2	Palm, A.	1	Su, Shong-lee Ivan	1
Ali, S.	1	Diniz, A. S. A. C.	1	Khattak, A.	2	Pandhalarajan, B.	1	Swarup, A.	1
Almeida, F. Q.	1	Diniz, Antonia Sônia A. C.	1	Khoury, J.	1	Petra, M. I. P. H.	1	Swayne, T.	1
Alrashoud, K.	1	Dinçer, Furkan	1	Koukios, E. G.	1	Post, H.	1	Szabó, S.	1
Alvarenga, C. A.	1	Do, T. N.	1	Krishnamurthy, S.	1	Prinsloo, Gerro	1	Tokimatsu, K.	1
Amorim, Mara	1	Dunlop, E.	1	Kumar, P.	1	Qureshi, T. M.	1	Trujillo, C. L.	1
Aravindhan, A.	1	Díaz, P.	1	Lavado, A.	1	Ravinetti, Regina F.	1	Uddin, Kotub	1
Arentsen, M. J.	1	Echegaray, Fabián	1	Lawrence, T.	1	Ribeiro, J. L. D.	1	Ullah, K.	1
Ariffin, M.	1	Elinimeiri, M.	2	Lazopoulou, M.	1	Román, Rocío	1	Valive, X.	1
Azzopardi, B.	1	Faiers, A.	1	Li, Z.	2	Rongali, S.	1	van Vliet, O.	1
Baldwin, K. G. H.	1	Fan, Lei-Lei	2	Liang, S.	1	Salloum, G.	1	Velasco, D.	1
Barton, D.	1	Fikru, M. G.	1	Ma, R.	1	Sampaio, Priscila Gonçalves	1	Wan, L.	1
Bletterie, B.	1	Filho, Dely Oliveira	1	Mairesse Siluk, J. C.	1	Santos, José H.	1	Wang, K.	1
Brunner, H.	1	França, Edson D.	1	Marco, James	1	Sawyer, S. W.	1	Wassie, Y. T.	1
Burke, P. J.	1	Gado, A. A. E. M.	1	Martinez-Cesena, E. A.	1	Scognamiglio, A.	1	Wolfs, P.	1
Cabral, Claudia V. T.	1	Gardezi, N. U. Z.	1	Mbayed, R.	1	Senthilarasu, S.	1	Wu, S.	1
Cai, D.	1	Garlet, T. B.	1	McEachern, M.	1	Shao, J.	1	Xu, Jihuan	1
Camara, Carlos F.	1	Ghodki, M. K.	1	Mejbaul Haque, M.	1	Sharaai, A. H.	1	Yan, B.	1
Canada, S.	1	Ghosh, P.	1	Mendonça, M. S. C. C.	1	Sharpton, T.	1	Yan, X.	1
Cansino, José M.	1	González, Mario Orestes Aguirre	1	Moner-Girona, M.	1	Shih, L. H.	1	Yu, X.	1
Cao, H.	1	Grillenzoni, Carlo	1	Monmasson, E.	1	Sidiras, D. K.	1	Yu, Xiaotong	1
Cao, K.	1	Guerrero, J.	1	Moore, L.	1	Simpson, Genevieve	1	Yñiguez, Rocío	1
Cassini, Denio A.	1	Guerrero, J. M.	1	Morais, Paulo	1	Siva Krishna Rao, G. V.	1	Zhang, Xingxing	1
Ch.v. Chakravarthi, B. N.	1	Hall, M.	1	Mutale, J.	1	Smith, Stefan	1	Zhao, Xudong	1
Chen, Zhisong	1	Hanson, S.	1	Müllejjans, H.	1	Snape, J. R.	1	Zhao, Zhen-Yu	2
Chou, T. Y.	1	Hariharan, V.	1	Neame, C.	1	Sobri, F. A. M.	1	Zheng, R.	1
Clifton, Julian	1	Hernandez, J. A.	1	Nemet, G. F.	1	Solano-Peralta, M.	1	Zhong, Z.	1
Cocina, Valeria	1	Hu, J.	2	Neto, Lauro V. B. Machado	1	Souza, Márcio E. M.	1	Zhou, K.	1
Copiello, Sergio	1	Jayamoorthy, S.	1	Nguyen, C. T.	1	Sozar, H.	1	Zhu, J.	1
Costa, D.	1	Jennings, Paul	1	Nixon, T.	1	Sozer, H.	1	Zillante, George	2
de Souza Savian, F.	1	Jia, L.	1	Ossenbrink, H.	1	Spertino, Filippo	1	Zuo, Jian	2

Fonte: O autor

- Zhao, Zhen-Yu
- Zillante, George
- Zuo, Jian

Cada um deles se destacou por terem publicado exatamente dois trabalhos sobre o tema cada. Ahsan, M. U. possui dois trabalhos que têm a ver com o tema da presente pesquisa juntamente com Khalil, I. U. e Khattak, A., os trabalhos são a apresentação um artigo, escrito pelo trio, denominado Solar PV adoption for homes (A case of Peshawar, Pakistan) em duas conferências diferentes, sendo a primeira denominada International Symposium on Recent Advances in Electrical Engineering no ano de 2017. E a segunda, no mesmo ano denominada 3rd IEEE International Symposium, organizada pela renomada organização Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. O artigo em si possui 6 citações por outros autores e é um estudo de caso realizado no Paquistão que busca identificar os fatores que geralmente influenciam a decisão das famílias em relação à adoção de energia solar em suas casas (KHALIL et al., 2017) [36].

Elnimeiri, M. também possui dois artigos sobre o tema e que foram utilizados para a realização desta pesquisa. Ambos são artigos de conferência e foram apresentados na International Solar Energy Conference no de 2003. O primeiro deles é denominado Sensitivity factors in building integrated photovoltaic (BIPV) system cost, possui apenas 1 citação por outros autores e trata sobre um estudo de caso baseado nos custos da integração de sistemas fotovoltaicos (SOZAR et al., 2003) [37]. O segundo trabalho do autor é denominado Identification of barriers to PV application into the building design, possui 4 citações e aborda a identificação de barreiras para adoção de painéis solares fotovoltaicos de acordo com o design das construções, sendo também um estudo de caso (SOZER et al., 2003) [38].

Fan, Lei-Lei, Zhao, Zhen-Yu, Zuo, Jian e Zillante, George, realizaram um artigo juntos, o qual foi publicado em duas revistas diferentes e portanto considerado como dois trabalhos no decorrer desta pesquisa. O artigo escrito pelo grupo de autores é datado do ano de 2011 e tem como título Impacts of renewable energy regulations on the structure of power generation in China – A critical analysis. É um trabalho muito bem conceituado no ramo das energias renováveis e principalmente da energia solar, pois conta com 161 citações, tem como principal objetivo fornecer uma análise crítica da estrutura política para as energias renováveis na China e seus impactos na estrutura de geração de energia (ZHAO et al., 2011) [39].

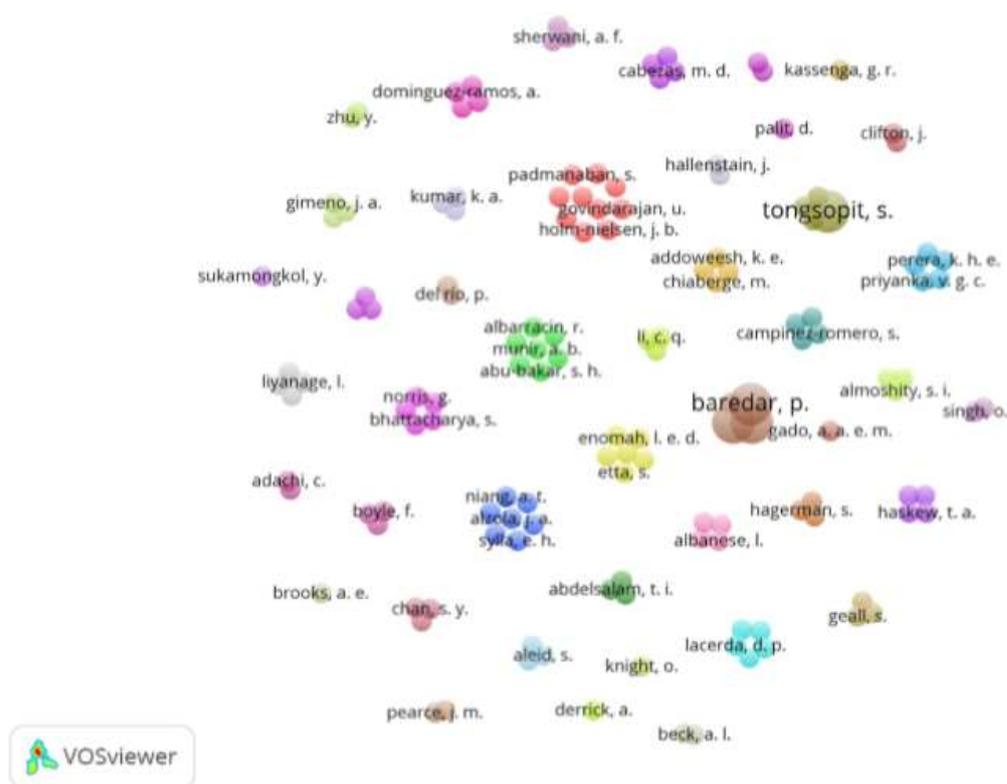
Hu, J. possui um trabalho publicado em conjunto com Li, Z., sendo um artigo datado do ano de 2019 e denominado Voltage Stabilization: A Critical Step Toward High Photovoltaic Penetration, o qual possui 26 citações no meio científico, tendo sido publicado pela revista IEEE Industrial Electronics Magazine e se trata sobre uma revisão aprofundada das tecnologias desenvolvidas recentemente que evitam o desvio de tensão em redes de baixa tensão com o uso de painéis fotovoltaicos (HU et al., 2019) [40]. Já seu outro trabalho denominado Analysis and comparison of residential energy consumption é um capítulo do livro Household Energy Consumption in China do ano de 2016, o qual também foi utilizado no decorrer desta pesquisa (HU et al., 2019a) [41].

Como já mencionado, o primeiro trabalho de Li, Z. utilizado nesta pesquisa foi o artigo escrito em conjunto com Hu, J. Seu outro trabalho utilizado é um artigo intitulado Residential Photovoltaic Power Forecasting Considering Division of Weather Type Index Interval, o qual foi apresentado na 6th Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE 2021) e datado de 2021 (LI et al., 2021) [42], Posteriormente foi também publicado pela Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE), não possuindo ainda citações por outros autores da comunidade científica.

4.1.2 Análise de co-citação de autores

A Figura 30 mostra a relação de co-citação entre os autores, pode-se notar que o diagrama de relações é composto por “clusters”, itens e links. Os itens são a quantidade de autores, no caso tem-se 165 itens se relacionando entre si por meio de 231 links e 44 clusters. Então pode-se notar uma forte co-citação de Baredar, P. e Gadoo, A. A. E.M., cluster marrom. São 4 clusters sendo 3 de maior tamanho representando uma forte ligação entre eles (link) e um mais a direita representando uma relação menos intensa entre as citações.

Figura 30 – Relação de cocitação entre autores

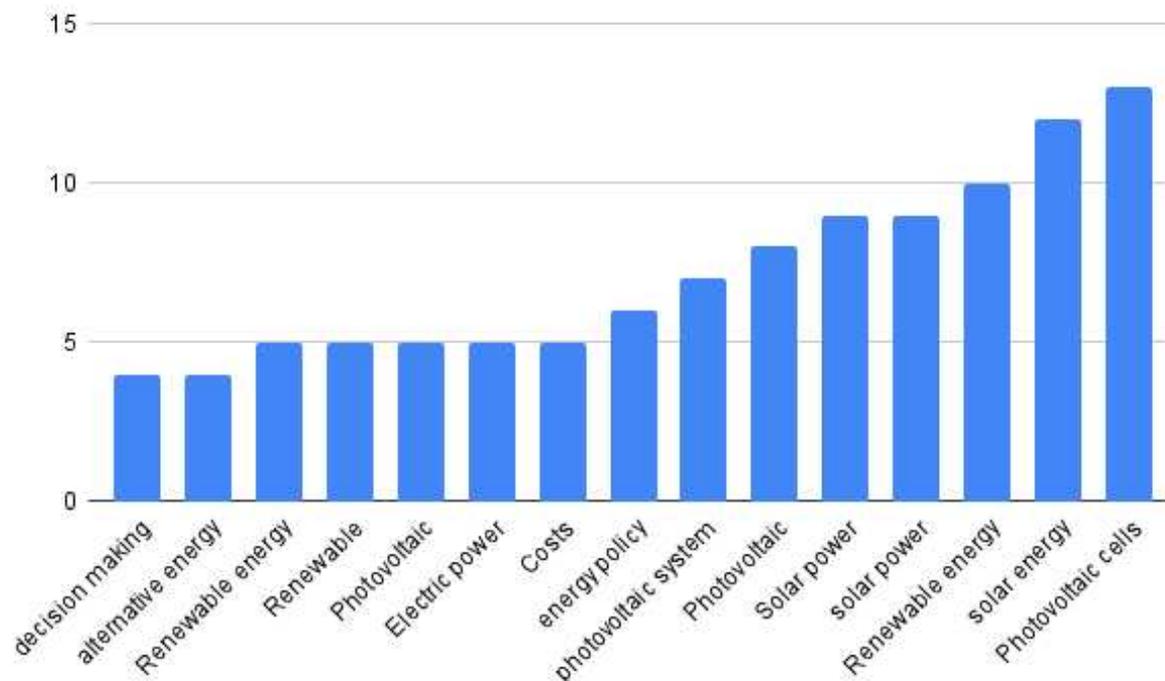


Fonte: O autor

Ainda de acordo com a Figura 30 pode-se notar grande destaque também para o autor Tongsopit, S., cluster na coloração bege. Observa-se um cluster de tamanho elevado relacionado a 3 clusters de menor tamanho. Há também uma forte rede (link) de co-citação entre Padmanaban, S., Govindarajan, U. e Holm-Nielsen, J. B., clusters vermelhos. Apesar da pequena distância entre eles e do tamanho não muito elevado, o destaque é por conta da quantidade de clusters nessa rede de citações.

A respeito das palavras-chaves de cada artigo tem-se a Figura 31.

Figura 31 – Gráfico de palavras-chaves



Fonte: O autor

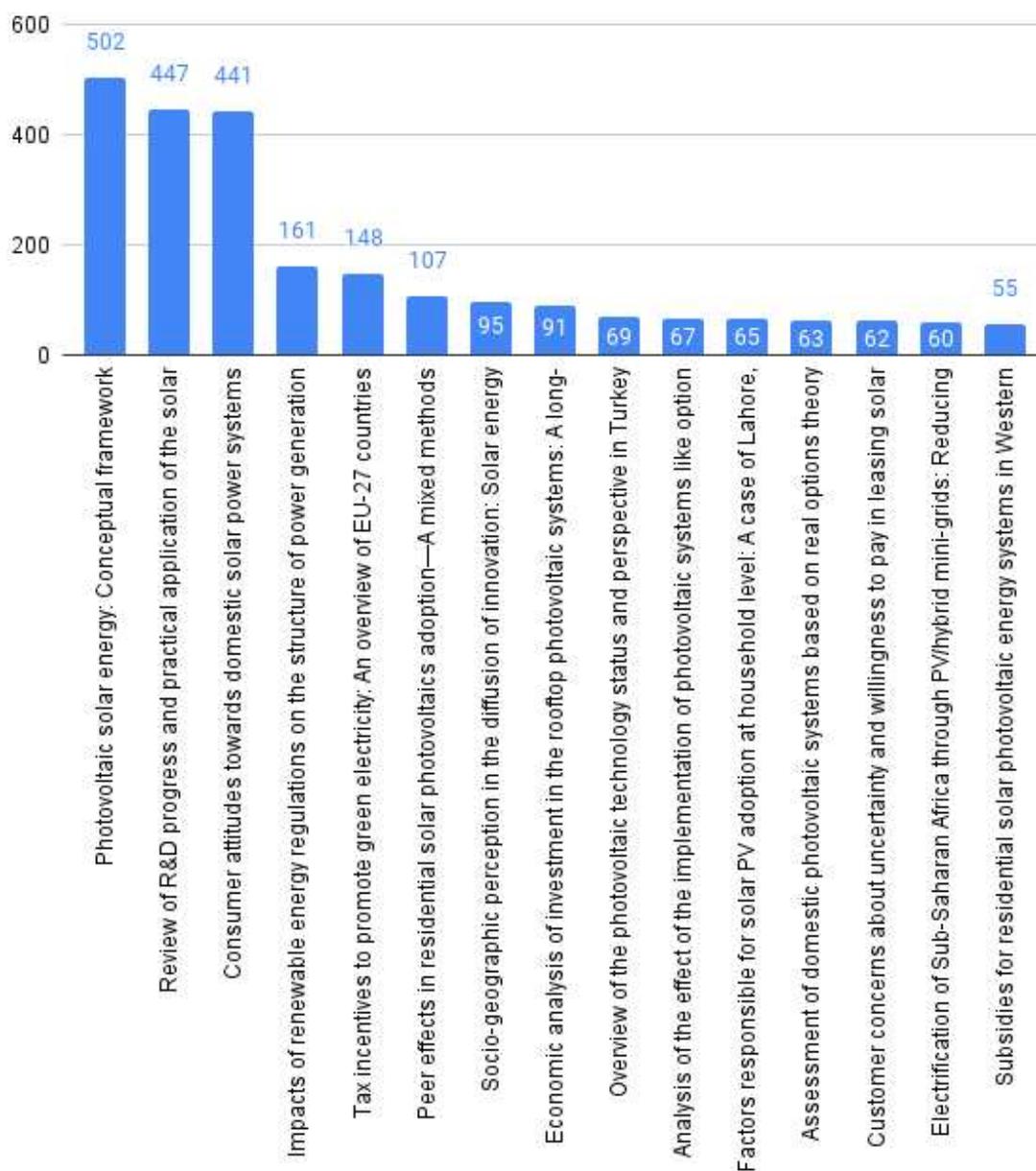
Ao todo, de acordo com a Tabela 1, foram encontradas 513 palavras-chaves referente a todos os artigos utilizados para a pesquisa, porém, para melhor visualização, para a construção do gráfico da Figura 31 foram consideradas as 15 palavras-chaves com maior relevância, ou seja, que mais se repetiram no decorrer desta pesquisa.

Percebe-se através do gráfico que a palavra-chave Photovoltaic Cells, naturalmente como já esperado, foi a que mais se repetiu tendo aparecido 13 vezes, fato que se deve pela grande relação que possui com o tema principal da pesquisa. Em segundo lugar tem-se a palavra-chave solar energy com 12 aparições. Em terceiro lugar no gráfico de repetições das palavras-chaves tem-se a palavra Renewable energy contando com 10 aparições, fato que também já era esperado pela grande relação com o tema da pesquisa. Em décimo-quinto lugar no gráfico têm-se as palavras decision making e alternative energy ambas empatadas com 5 aparições cada, ambos os termos já eram esperados de se aparecer, pois possuem forte relação com o tema pesquisado.

Há ainda algumas palavras-chaves com cerca de 3 ou 4 aparições, porém em quantidade menor. As demais palavras-chaves possuem na maioria apenas uma ou duas aparições, por este motivo e pela grande quantidade não foram consideradas na construção da Figura 32.

De acordo com a Figura 32, pode-se notar 6 cores de clusters diferentes: azul claro, azul escuro, amarelo, vermelho, verde e roxo. Além dos 6 clusters diferentes tem-se

Figura 33 – Gráfico de citação de artigos



Fonte: O autor

Os 15 artigos com maior número de citações utilizados durante a pesquisa. Pode-se notar que o artigo mais citado entre todos os utilizados na pesquisa foi o intitulado de Photovoltaic solar energy: Conceptual framework escrito pelos autores Sampaio, Priscila Gonçalves Vasconcelos; González, Mario Orestes Aguirre (SAMPAIO; GONZÁLES, 2017) [43]. O artigo é citado por 502 outros autores na comunidade científica, é datado do ano de 2017 e publicado pela renomada revista Renewable and Sustainable Energy Reviews. O objetivo deste artigo é compreender o estado da arte da energia solar fotovoltaica através de uma pesquisa bibliográfica sistemática, na qual são abordados os seguintes temas:

formas de obtenção da energia, suas vantagens e desvantagens, aplicações, mercado atual, custos e tecnologias segundo tudo o que foi publicado cientificamente até o ano de 2016.

O segundo artigo mais citado, ainda segundo o gráfico da Figura 33, é intitulado *Review of R&D progress and practical application of the solar photovoltaic/thermal (PV/T) technologies* e possui 447 citações na comunidade científica. Sua autoria é de Zhang, Xing-xing; Zhao, Xudong; Smith, Stefan; Xu, Jihuan e Yu, Xiaotong e é datado do ano de 2012, fato que contribui para sua consolidação e reconhecimento. Tem como objetivo discutir o potencial de mercado global de tecnologia solar térmica, fotovoltaicas e combinações entre as duas, elaborando perspectivas atuais e futuras (ZHANG et al., 2012) [44].

Outro artigo bem conceituado e que também merece destaque é o intitulado *Consumer attitudes towards domestic solar power systems* com 441 citações na comunidade científica e de autoria de Faiers, A. e Neame, C., o artigo foi publicado pela revista *Energy Policy* no ano de 2006. O objetivo principal deste artigo é identificar algumas barreiras para adoção de energia solar fotovoltaica, analisando o comportamento dos chefes das famílias perante a adoção da tecnologia (FAIERS; NEAME, 2006) [45].

Os demais artigos presentes no gráfico da Figura 33 variam de 55 a 161 citações pela comunidade científica e figuram entre os 15 mais citados utilizados nesta pesquisa. O restante do total de artigos utilizados possuem entre 10 a 45 citações em sua maioria, contando também com 8 artigos sem citações por outros autores, fato que provavelmente se deve a baixa popularidade desses artigos na comunidade científica ou pela qualidade dos mesmos.

4.2 Análise Sistemática

Nesta seção de análise sistemática será abordado de forma mais intensa sobre o conteúdo de cada artigo como um todo, sendo o quarto passo do método SYSMAP e também denominada de análise de conteúdo. Segundo Vaz e Uriona-Maldonado (2017) [33] nesta fase da metodologia deve-se primeiramente elaborar a pergunta que motiva a pesquisa, neste caso: **“Quais os fatores e barreiras para adoção de painéis fotovoltaicos?”**.

Então, dos 322 documentos encontrados no total foram retirados os duplicados, restando 221 documentos. Desses 221, após a análise de título e resumo, 100 se enquadraram como alinhados com o tema. Dos 100 documentos alinhados com o tema, apenas 30 estavam disponíveis para acesso e leitura e outros 27 que inicialmente não estavam disponíveis, foram encontrados em pesquisas separadas nas bases de dados da internet pelo autor, totalizando 57 artigos para análise de conteúdo.

Com base na pergunta elaborada acima, do total de 57 documentos, que estavam alinhados com o tema e disponíveis, por meio da análise de conteúdo realizada através da leitura total de todos esses artigos, apenas 22 artigos realmente abordaram sobre as

barreiras e fatores para a adoção de painéis fotovoltaicos, respondendo assim à pergunta formulada anteriormente.

A maioria dos artigos que compõem esse certame de análises são estudos de caso, sendo mais precisamente 36 artigos enquadrados dessa forma. Apenas 2 deles se denominam como revisões bibliográficas e os demais são análises sistemáticas. Ademais, a maioria dos documentos encontrados (63,2%) são de caráter prático ante 36,8% de documentos com caráter teórico.

Grande parte dos artigos ou de seus estudos são localizados ou oriundos da China, fato que mostra o grande interesse do país em se aprofundar no ramo das energias renováveis e principalmente da energia solar, como é o caso das publicações “Review of R&D progress and practical application of the solar photovoltaic/thermal (PV/T) technologies” e “Impacts of renewable energy regulations on the structure of power generation in China – A critical analysis”, duas das mais citadas na comunidade científica (ZHANG et al., 2012; ZHAO et al., 2011) [44] [39].

Outras regiões que são muito citadas nos artigos analisados são o Reino Unido e a Europa como um todo, fato que demonstra a forte liderança global que também exerce. O Brasil também merece destaque com 4 artigos publicados, de acordo a Tabela 2 e 3, sobre o panorama da energia solar no país, são documentos com apreço pela comunidade científica haja visto que possuem boas citações por autores terceiros, os artigos oriundos ou sobre o país trata sobre pesquisas de mercado referente aos consumidores, identificação do panorama nacional da geração distribuída, implantação e revisão da atual situação dos painéis fotovoltaicos em áreas remotas do interior de Minas Gerais para utilização rural.

Pode-se notar que os artigos oriundos do Brasil possuem caráter totalmente prático focados no processo enquanto os documentos oriundos da China e Europa possuem enfoque na tecnologia ou em análises comportamentais dos consumidores, tendo um caráter mais teórico. Outro fato interessante que observou-se durante as leituras da análise de conteúdo foi que quando mais remota ou carente for a região em que o artigo é oriundo ou foca seu estudo, mais de caráter prático tende a ser e quanto mais desenvolvido for o país ou a localidade em que o artigo menciona, mais teórico ou tecnológico é seu foco. Tal feito se deve ao fato de a energia solar fotovoltaica estar cada vez mais ganhando notabilidade em áreas remotas e de difícil acesso para a rede de energia padrão, sendo assim, em regiões mais carentes o foco da energia renovável é resolver um problema primário humano que é a necessidade energética, enquanto em regiões mais desenvolvidas, como as necessidades básicas já está sanadas, ocorre a possibilidade de se promover estudos sobre eficiência, tecnologia, comportamentos e assuntos mais aprofundados sobre o tema.

Quanto aos objetivos dos artigos em geral, nota-se um grande interesse dos autores em entender o comportamento dos consumidores, sendo este o objetivo que mais se observou dentre os artigos. Também há grande interesse em propostas de novas tecnologias e estudos de viabilidade para tornar as energias renováveis mais atrativas. Percebe-se uma

grande ligação entre o tema de energia solar com as áreas rurais, pois há ao menos 3 artigos específicos sobre o assunto, além do fato de o tema ser citado em diversos outros documentos analisados.

Tabela 2 – Títulos e número de citações

N.	Título do documento	n. de citações
1	Photovoltaic solar energy: Conceptual framework	502
2	Review of R&D progress and practical application of the solar photovoltaic/thermal (PV/T) technologies	447
3	Consumer attitudes towards domestic solar power systems	441
4	Impacts of renewable energy regulations on the structure of power generation in China – A critical analysis	161
5	Tax incentives to promote green electricity: An overview of EU-27 countries	148
6	Peer effects in residential solar photovoltaics adoption—A mixed methods study of Swedish users	107
7	Socio-geographic perception in the diffusion of innovation: Solar energy technology in Sri Lanka	95
8	Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets	91
9	Overview of the photovoltaic technology status and perspective in Turkey	69
10	Analysis of the effect of the implementation of photovoltaic systems like option of distributed generation in Colombia	67
11	Factors responsible for solar PV adoption at household level: A case of Lahore, Pakistan	65
12	Assessment of domestic photovoltaic systems based on real options theory	63
13	Customer concerns about uncertainty and willingness to pay in leasing solar power systems	62
14	Electrification of Sub-Saharan Africa through PV/hybrid mini-grids: Reducing the gap between current business models and on-site experience	60
15	Subsidies for residential solar photovoltaic energy systems in Western Australia: Distributional, procedural and outcome justice	55
16	Review on the integration of photovoltaic renewable energy in developing countries—Special attention to the Lebanese case	45
17	Understanding stakeholders' views and support for solar energy in Brazil	37
18	Photovoltaic supply chain coordination with strategic consumers in China	35
19	Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil	33
20	Review of the photovoltaic energy program in the state of Minas Gerais, Brazil	26
21	Voltage Stabilization: A Critical Step Toward High Photovoltaic Penetration	26
22	Spatial and temporal characteristics of PV adoption in the UK and their implications for the smart grid	26
23	Chapter 6 - Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) for Cost-Effective Energy-Efficient Retrofitting	24
24	Underlying drivers and barriers for solar photovoltaics diffusion: The case of Vietnam	19
25	Drivers and barriers to public acceptance of future energy sources and grid expansion in the United States	18
26	Current status and prospects of the photovoltaic rural electrification programmes in the state of Minas Gerais, Brazil	16
27	Leaders in change. Solar energy owners and the implications for future adoption rates	16
28	Drivers and risks for renewable energy developments in mountain regions: A case of a pilot photovoltaic project in the Swiss Alps	14

Fonte: O autor

Tabela 3 – Continuação - Títulos e número de citações

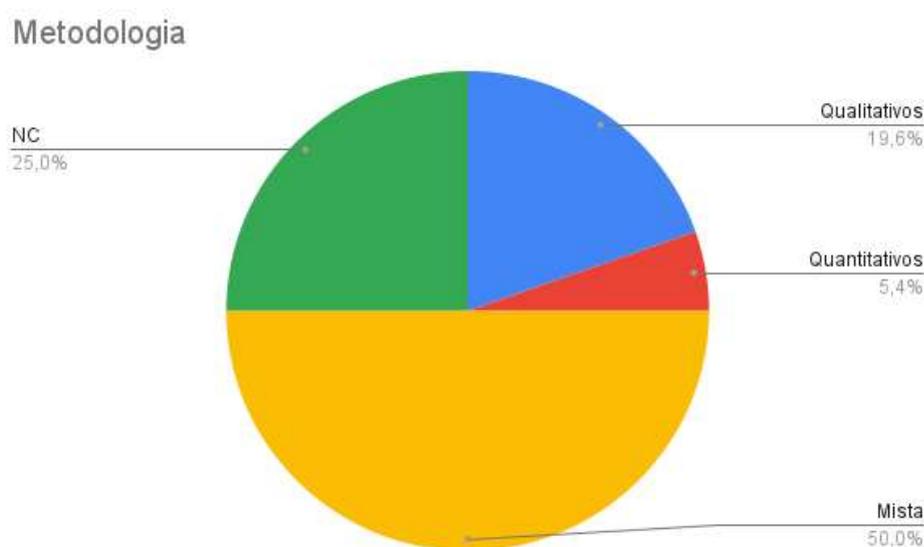
N.	Título do documento	n. de citações
29	Solar photovoltaics: Multiple drivers of technological improvement	14
30	Solar shadows	13
31	Solar systems diffusion in local markets	13
32	Factors influencing social perception of residential solar photovoltaic systems in Saudi Arabia	10
33	Impact of Power Quality Issues in Grid Connected Photovoltaic System	9
34	Impact the expansion of the production of generation of solar power on the low voltage network in Egypt	9
35	Socio-economic and environmental impacts of rural electrification with Solar Photovoltaic systems: Evidence from southern Ethiopia	9
36	Solar Photovoltaic Energy and Its Spatial Dependence	8
37	Techno-Economic Analysis of the Viability of Solar Home Systems Using Lithium-ion Batteries in Sub-Saharan Africa	8
38	Power quality impacts and mitigation measures for high penetrations of photovoltaics in distribution networks	8
39	Solar PV adoption for homes (A case of Peshawar, Pakistan)	6
40	Operation and maintenance field experience for off-grid residential photovoltaic systems	5
41	Identification of barriers to PV application into the building design	4
42	Photovoltaic distributed generation impact analysis-a rural electric cooperative case study	3
43	Influence of Nanostructures in Perovskite Solar Cells	2
44	Determinants of electricity bill savings for residential solar panel adopters in the U.S.: A multilevel modeling approach	1
45	Research of volt-ampere characteristics testing method for photovoltaic cells	1
46	Sensitivity factors in building integrated photovoltaic (BIPV) system cost	1
47	The Impact of Efficacy, Values, and Knowledge on Public Preferences Concerning Food-Water-Energy Policy Tradeoffs	1
48	Identification of barriers to PV application into the building design	1
49	Solar Photovoltaic Energy and Its Spatial Dependence	1
50	A novel embedded controller operated R-2R scheme to conduct the solar energy based supply side management	0
51	Analysis and comparison of residential energy consumption	0
52	Predicting smart distance till empty for solar vehicle users	0
53	A socially aware incentive strategy for encouraging residential solar uptake in Brunei	0
54	Residential Photovoltaic Power Forecasting Considering Division of Weather Type Index Interval	0
55	1.39 - Standards in Photovoltaic Technology	0
56	Systematic Review of Public Acceptance of Solar Policies: A Conceptual Framework of Policy Acceptance	0
57	The influence of distributed photovoltaic on the voltage profile in distribution network	0

Fonte: O autor

4.2.1 Análise das metodologias adotadas nos artigos

A respeito da metodologia abordada em cada artigo, 11 artigos se enquadraram como qualitativos, tendo as formas de pesquisas e análises como a maioria para obtenção de dados, 3 desses realizaram entrevistas com o público alvo e 1 deles realizou uma revisão bibliográfica. Outros 3 artigos se enquadram como de metodologia quantitativa, ou seja, possuem maior interesse em quantificar dados e levantar números, dentre eles os métodos utilizados foram pesquisas, análises e levantamento de dados em 1 dos artigos. A maioria dos artigos, mais precisamente 28, são de metodologia mista, ou seja, se utilizam de métodos tanto quantitativos quanto qualitativos, sendo esses: pesquisas, entrevistas com o público alvo, simulações, análise e aquisição de dados. A Figura 34, mostra que 5,4% dos documentos são de metodologia quantitativa, 19,6% são de metodologia qualitativa, 50% possuem metodologia mista e os restantes 25% se encontram no gráfico como “NC”, pois não mencionam qual foi a metodologia utilizada.

Figura 34 – Metodologia dos artigos



Fonte: O autor

No que se refere aos principais conceitos abordados em todos os artigos, segundo os resultados das leituras realizadas nesta etapa de análise sistemática, pode-se elencar que o conceito ou termo que aparece de forma mais frequente nos documentos é “Fatores” seguido pelas palavras “Política” e “Fotovoltaica”.

O termo fotovoltaica já era esperado pelo fato de ser uma palavra chave sobre o tema da pesquisa, sendo a sua combinação com outros termos que geram o direcionamento de cada pesquisa. O termo “política” aparece, porém não de forma tão frequente, esse fato evidencia uma possível relação da tecnologia de energia solar fotovoltaica e das energias renováveis com questões políticas, o que acaba se tornando uma barreira para sua difusão,

fato que será abordado no próximo item desta pesquisa. Por sua vez, o termo “fatores” foi uma surpresa em ser o mais mencionado, o que significa que a pesquisa conseguiu com sucesso filtrar os artigos que mais lhe interessam para discorrer sobre o tema. A palavra “Barreiras” por sua vez não foi muito mencionada nos principais conceitos dos artigos, aparecendo somente uma vez. Termos do inglês como “*Off grid*”, “*Leasing*” e “*Smart grid*” também aparecem de forma consistente dentre os principais conceitos adotados.

Também por meio da análise sistêmica se pode concluir sobre as contribuições sobre cada artigo, ou seja, o que cada artigo gerou de impacto ou mudança para a comunidade científica ou para as tecnologias e métodos aplicados. Foram separadas em três categorias: contribuição prática, contribuição metodológica e contribuição teórica. Como o próprio nome já diz, as contribuições práticas são aquelas que geram algum impacto prático na aplicação. As contribuições metodológicas geram impactos na metodologia aplicada e as contribuições teóricas são aquelas em que geram impactos nos artigos, alguma descoberta que irá agregar na teoria em si.

Conforme é mostrado na Tabela 4, 22 artigos apresentaram contribuições práticas, 18 artigos apresentaram contribuições teóricas, 6 artigos apresentaram contribuições metodológicas e 6 artigos não apresentaram contribuições para a comunidade científica. Destaca-se o fato de que 6 artigos apresentaram dois tipos de contribuições, sendo 3 com contribuições práticas e teóricas, 2 com contribuições teóricas e metodológicas e 1 com contribuições práticas e metodológicas. As contribuições geralmente são identificação de fatores que contribuem ou não para a disseminação de energia fotovoltaica, identificação de determinadas ações por parte dos governos que podem alavancar o uso da tecnologia, identificação de fatores predominantes para as tomadas de decisões sobre as energias renováveis, além de levantamento de dados sobre eficiência, interesse dos consumidores e previsões de consumo.

Tabela 4 – Contribuições de artigos

Contribuição	n. de artigos
Práticas	22
Teóricas	18
Metodológicas	6

Fonte: O autor

Como último levantamento da análise de conteúdo, pode-se citar as recomendações futuras para cada artigo, ou seja, onde cada pesquisa sugere melhorias e prosseguimento ao seu próprio conteúdo. Ao total, 6 artigos apresentaram recomendações futuras para seus estudos e dentre elas estão: análise das taxas e subsídios para a instalação, sugerida por Alrashoud, K. e Tokimatsu, K. (ALRASHOUND; TOKIMATSU, 2019) [4]. Incentivos fiscais para residências com localização remota, sugestão de Canada, S., Moore, L., Post, H. e Strachan, J. (CANADA et al. 2005) [46]. Execução de um estudo mais aprofundado sobre a cadeia de suprimentos da energia fotovoltaica, por Chen, Zhisong e Su, Shong-Iee

Ivan (CHEN; SU, 2014) [47]. Encontrar maneiras de melhorar a qualidade dos painéis fotovoltaicos, sugerido por Garlet, T. B. e Ribeiro, J. L. D. (GARLET et al., 2019) [48]. Realização de incentivos, campanhas e subsídios por parte do governo, sugerido por Khalil, I. U.; Khattak, A. e Ahsan, M. U. (KHALIL et al., 2017) [36]. E definir as barreiras e fatores, por meio de estudos mais aprofundados, no uso de energia solar fotovoltaica para aquecimento de água, sugestão de Sidiras, D. K. e Koukios, E. G. (SIDIRAS; KOUKIOS, 2004) [49].

4.3 Análise dos fatores/barreiras

A análise sistêmica ou de conteúdo permitiu a esta pesquisa encontrar as principais barreiras para a difusão da energia solar fotovoltaica de acordo com as citações na literatura científica. Portanto, através da leitura de todo o conteúdo de cada artigo pôde-se notar que dos 57 artigos totais da amostra, 22 artigos apresentaram de fato barreiras ou fatores que influenciam na adoção de energia solar fotovoltaica.

Ao todo foram mencionadas 22 barreiras (Tabela 5), que de acordo com estudos, pesquisas e análises realizadas pelos autores, influenciam na adoção de painéis solares como fonte de energia renovável.

Tabela 5 – Barreiras encontradas na pesquisa

Barreiras	Autores
Falta de conhecimento	Alrashoud, K.; Tokimatsu, K. (2019); Faiers, A.; Neame, C. (2006); Khalil, I. U.; Khattak, A.; Ahsan, M. U. (2017)
Custos	Canada, S.; Moore, L.; Post, H.; Strachan, J. (2005); Faiers, A.; Neame, C. (2006); Garlet, T. B.; Ribeiro, J. L. D.; de Souza Savian, F.; Mairesse Siluk, J. C. (2019); Khalil, I. U.; Khattak, A.; Ahsan, M. U. (2017); Qureshi, T. M.; Ullah, K.; Arentsen, M. J. (2017); Sharpton, T. Lawrence, T. Hall, M.; Spertino, F. (2020); Di Leo, P.; Cocina, V. (2013)
Adequação do espaço	Alrashoud, K.; Tokimatsu, K. (2019)
Localização	Alrashoud, K. e Tokimatsu, K. (2019); Díaz, P.; van Vliet, O.; Diniz, A. S. A. C. (2018); Neto, Lauro V. B. Machado; Camara, Carlos F.; Morais, Paulo; Cabral, Claudia V. T.; Filho, Delly Oliveira; Ravinetti, Regina F.; França, E. D.; Cassini, Denio A.; Souza, Márcio E. M.; Santos, José H.; Amorim, M. (1998); Khadilkar, H.; Kumar, P.; Rongali, S.; Dechu, S.; Petra, M. I. P. H. (2016)
Capacidade da rede	Do, T. N.; Burke, P. J.; Baldwin, K. G. H.; Nguyen, C. T. (2020)
Investimentos	Do, T. N.; Burke, P. J.; Baldwin, K. G. H.; Nguyen, C. T. (2020); Khadilkar, H.; Kumar, P.; Rongali, S.; Dechu, S.; Petra, M. I. P. H. (2016)
Burocracia	Do, T. N.; Burke, P. J.; Baldwin, K. G. H.; Nguyen, C. T. (2020); Echegaray, F. (2014); Zhao, Zhen-Yu; Zuo, Jian; Fan, Lei-Lei; Zillante, G. (2011)
Durabilidade	Garlet, T. B.; Ribeiro, J. L. D.; de Souza Savian, F.; Mairesse Siluk, J. C. (2019)
Retorno do investimento	Canada, S.; Moore, L.; Post, H.; Strachan, J. (2005); Sawyer, S. W. (1982); Sidiras, D. K.; Koukios, E. G. (2004)
Políticas	Chen, Z.; Su, Shong-lee I. (2014); Díaz, P.; van Vliet, O. (2018); Dinçer, F. (2011)
Manutenção	Diniz, Antonia Sônia A. C.; Neto, Lauro V. B. Machado; Camara, Carlos F.; Morais, Paulo; Cabral, Claudia V. T.; Filho, Delly O.; Ravinetti, R. F.; França, E. D.; Cassini, Denio A.; Souza, Márcio E. M.; Santos, J. H.; Amorim, M. (1998); Garlet, T. B.; Ribeiro, J. L. D.; de Souza Savian, F.; Mairesse Siluk, J. C. (2019); Qureshi, T. M.; Ullah, K.; Arentsen, M. J. (2017)
Fatores locais	Copiello, S.; Grillenzoni, C. (2017)
Vizinhos	Khadilkar, H.; Kumar, P.; Rongali, S.; Dechu, S.; Petra, M. I. P. H. (2016)
Expansão da rede elétrica	Diniz, Antonia S. A. C.; Neto, Lauro V. B. Machado; Camara, Carlos F.; Morais, Paulo; Cabral, Claudia V. T.; Filho, Delly Oliveira; Ravinetti, Regina F.; França, Edson D.; Cassini, Denio A.; Souza, Márcio E. M.; Santos, J. H.; Amorim, M. (1998)
Qualidade	Sampaio, P. G. V.; González, M. O. A. (2017)
Pós venda	Sampaio, P. G. V.; González, M. O. A. (2017)
Fatores naturais	Díaz, P.; van Vliet, O. (2018)
Subsídios	Chen, Z.; Su, Shong-lee Ivan (2014); Khalil, I. U.; Khattak, A.; Ahsan, M. U. (2017)
Crédito	Garlet, T. B.; Ribeiro, J. L. D.; de Souza Savian, F.; Mairesse Siluk, J. C. (2019)
Incentivos	Cansino, J. M.; Pablo-Romero, M. P.; Román, R., Yñiguez, R. (2010); Dinçer, F. (2011); Faiers, A.; Neame, C. (2006); Qureshi, T. M.; Ullah, K.; Arentsen, M. J. (2017); Zhao, Zhen-Yu; Zuo, J.; Fan, Lei-Lei; Zillante, G. (2011)
Confiabilidade	Diniz, Antonia Sônia A. C.; Neto, Lauro V. B. Machado; Camara, Carlos F.; Morais, Paulo; Cabral, Claudia V. T.; Filho, Delly Oliveira; Ravinetti, Regina F.; França, Edson D.; Cassini, Denio A.; Souza, Márcio E. M.; Santos, José H.; Amorim, M. (1998); Sampaio, P. G. V.; González, M. O. A. (2017)

Fonte: O autor

Percebe-se que, a fim de facilitar a discussão de cada uma das barreiras, é possível agrupar algumas em categorias pelo fato de serem semelhantes como é o caso de: adequação do espaço, localização, fatores naturais e fatores locais, que podem ser enquadrados como Fatores Locais; investimento, retorno do investimento, crédito e custos, que podem se enquadrar como Fatores Econômicos, burocracia, políticas, impostos e subsídios, que podem se enquadrar como Fatores Políticos; qualidade, confiabilidade e durabilidade, que podem se enquadrar como Fatores de Qualidade; manutenção e pós venda, que podem se enquadrar como apenas Manutenção. Desse modo todas as 22 barreiras mencionadas pelos autores, após serem suprimidas, podem ser analisadas como 9 categorias apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Categorias das barreiras

Categorias	Barreiras
Falta de Conhecimento	Falta de Conhecimento
Capacidade da Rede	Capacidade da Rede
Vizinhos	Vizinhos
Expansão da Rede Elétrica	Expansão da Rede Elétrica
Fatores Locais	Adequação do espaço; localização; fatores naturais; fatores locais
Fatores Econômicos	Investimento; retorno do investimento; crédito e custos
Fatores Políticos	Burocracia; impostos; subsídios
Fatores de Qualidade	Qualidade; confiabilidade; durabilidade
Manutenção	Manutenção; pós-venda

Fonte: O autor

4.3.1 Falta de Conhecimento

A falta de conhecimento é citada em três artigos, pelos autores Alrashoud, K., Khalil, I. U. e Faiers, A., como sendo uma barreira para a adoção de energia solar fotovoltaica. Para Alrashoud, segundo seus estudos, quanto mais conhecimento a população tiver sobre energias renováveis, segurança ambiental e energia solar, maior a chance dos consumidores buscarem por a alternativa da energia fotovoltaica, o inverso vale para as regiões estudadas onde parcela da população não possuía o conhecimento adequado sobre as energias renováveis, a consequência era uma menor probabilidade de adoção de energia solar fotovoltaica. Seu estudo mostrou também que além da falta de conhecimento específica sobre o assunto, a falta de conhecimento geral, ou seja, falta de uma educação de qualidade, também faz com que influencie na decisão de adotar ou não energia solar fotovoltaica, por exemplo, nas regiões analisadas onde a população possuía graduação ou maior escolaridade a parcela que aceitaria e estava buscando por fontes de energia renováveis era maior em relação às regiões onde a população possuía menor escolaridade (ALRASHOUD; TOKIMATSU, 2019) [4].

Nos estudos de Khalil, I. U. essa barreira de falta de conhecimento surge pela ainda pouca popularidade da energia solar fotovoltaica e pela falta de conhecimento sobre tecnologia em geral da população. Segundo o autor, a instalação de sistemas fotovoltaicos não é algo visto como algo complexo por 56% dos entrevistados com escolaridade elevada, 30% eram neutros e os 14% restantes achavam que demandava grande complexidade (KHALIL et al., 2017) [36].

Segundo Faiers, A., a falta de conhecimento foi uma barreira citada por 2,5% de seus entrevistados pertencente a um grupo de “adotantes recentes”, apesar da pouca relevância em número, para esse nicho de pessoas ela foi a principal barreira, de acordo com o autor a falta de conhecimento afasta as pessoas da busca pela tecnologia, portanto devem ser realizadas campanhas e maiores propaganda sobre o tema e a relevância das energias renováveis para conquistar essa parcela do público e tentar difundir a energia solar (FAIERS; NEAME, 2006) [45].

Todos os três trabalhos que mencionaram a falta de conhecimento como uma barreira afirmam que esta barreira está interligada com outras como a falta de incentivo, os custos e a atratividade. Essa barreira, geralmente, surge pela falta de escolaridade da população, falta de incentivo governamental e pela baixa popularidade dos painéis fotovoltaicos entre alguns consumidores. Porém, este cenário está em constante mudança. Como forma de mitigar essa barreira os autores são unânimes em sugerir que sejam realizadas campanhas para trazer maior conhecimento e transparência ao público e quanto aos consumidor maior afetado pela falta de conhecimento, são ambos, internos e externos, pois enquanto o primeiro deixa de utilizar a tecnologia para ter uma fonte energética mais sustentável, o segundo perde de vender seu produto e acaba com margens de lucros reduzidas.

4.3.2 Capacidade da Rede

A capacidade da rede aparece como sendo uma barreira para a adoção de painéis fotovoltaicos citada apenas por um artigo, denominado “Underlying drivers and barriers for solar photovoltaics diffusion: The case of Vietnam” e de autoria de Do, T. N.; Burke, P. J.; Baldwin, K. G. H. e Nguyen, C. T. (DO et al., 2020) [50].

Segundo os autores a infraestrutura de transmissão inadequada é vista como uma das barreiras mais importantes para o desenvolvimento de energia solar fotovoltaica, essa barreira surge por questões estruturais de determinada região e também pela demora que leva de um investimento em infraestrutura se findar, de acordo com os autores, uma média de 3 a 5 anos. Outro fato relevante que pode-se citar é que no estudo dos autores essa barreira correspondeu a 63% das respostas em entrevistas, sendo a barreira técnica que mais apareceu, mas vale ressaltar que essa barreira apenas tem grande interferência em sistemas de geração distribuída, por exemplo, uma usina de geração de energia solar injetando energia na rede ou diversas residências fazendo o mesmo (DO et al., 2020) [50].

Ainda de acordo com os autores, a capacidade da rede elétrica é uma barreira que influencia em cascata nas outras barreiras citadas e podem ser mitigadas com políticas de apoio, obras de infraestrutura, modernização das redes de distribuição e isenções fiscais para empresas do ramo investirem. A capacidade da rede é uma barreira que afeta ambos os consumidores, internos e externos, haja vista que a população fica sem poder usufruir desse potencial energético e várias empresas do ramo deixam de operar uma usina solar por exemplo, ou muitas prestadoras de serviço deixam de realizar instalações (DO et al., 2020) [50].

4.3.3 Vizinhos

O fator vizinhos entrou na pauta das barreiras para adoção de energia solar fotovoltaica sendo citado por um artigo denominado “A socially aware incentive strategy for encouraging residential solar uptake in Brunei” e de autoria de Khadilkar, H.; Kumar, P.; Rongali, S.; Dechu, S. e Petra, M. I. P. H.. De acordo com os autores do artigo, foi notado que os efeitos sociais como a influência dos vizinhos somado ao status econômico pode ter um significativo efeito significativo na taxa de adoção de energia solar. Os autores defendem que, segundo seus estudos, a partir de quando um vizinho adota a utilização de painéis fotovoltaicos, instiga toda a vizinhança a conhecer a tecnologia, seus benefícios e rumar para a adoção também, gerando assim uma espécie de efeito manada para a energia solar (KHADILKAR et al., 2016) [51].

Essa barreira apesar de negligenciada por muitos, tem sim sua devida importância, segundo os estudos dos autores, em regiões onde os custos objetivos de adoção de sistemas solares são uniformes, isto é, são acessíveis e a vizinhança possui certa igualdade financeira, notou-se que surtos de adoção solar tendem a ocorrer em pequenos aglomerados de vizinhos dentro dos bairros. Tal fato se dá através do efeito de fatores sociais, como pressão dos colegas e até mesmo grupos de compras coletivas, a fim de obter maiores descontos e vantagens.

Desse modo, essa barreira está ligada diretamente à barreira da popularização dos painéis solares, pois quando se está em contato próximo ou diariamente com certo objeto ou tecnologia até então desconhecida, ela acaba se tornando parte do cotidiano e assim aumentando o interesse e o conhecimento sobre o tema por parte dos envolvidos. Observa-se nesta barreira que não há uma forma de mitigá-la, fazendo com que ela se encaixe como um fator que auxilia na adoção de painéis fotovoltaicos. Também nota-se que os consumidores internos são os mais impactados, dessa vez positivamente, pois acabam tendo o primeiro contato e por consequência também adquirindo.

4.3.4 Expansão da Rede Elétrica

A barreira de expansão da rede elétrica foi citada apenas uma vez no artigo “Current status and prospects of the photovoltaic rural electrification programmes in the state of Minas Gerais, Brazil” de autoria de Diniz, A. S. A. C.; Mendonça, M. S. C. C.; Almeida, F. Q.; Costa, D. e Alvarenga, C. A (1998) (DINIZ et al., 1998) [52].

Segundo os autores ela surge por questões de viabilidade e de interesses das operadoras elétricas. Neste caso se trata de uma barreira para a geração distribuída, pois pode-se exemplificar da seguinte forma: um propriedade rural, com localização distante estaria prestes a realizar a aquisição de painéis fotovoltaicos para ser autossuficiente em geração de energia, porém com a expansão da rede elétrica fornecida pela concessionária, essa propriedade opta por aderir à energia convencional fornecida pela rede. Ainda de acordo com os autores esta barreira não está interligada a nenhuma outra, pois depende apenas da decisão dos responsáveis pela propriedade e também não há formas de mitigá-la. Conforme o artigo cita, mesmo sendo uma barreira para a adoção de energia solar fotovoltaica, esta não tem grande potencial de afetar na decisão (DINIZ et al., 1998) [52].

4.3.5 Fatores Locais

Os fatores locais, ou de localização, são citados diversas vezes durante o decorrer desta pesquisa, mais precisamente são 6 citações dentre os artigos que elencaram as barreiras listadas. Vale ressaltar que neste grupo de fatores locais estão englobadas outras menções tais como: adequação do espaço, localização, fatores naturais e fatores locais, porém remetendo ao mesmo fator principal.

Alrashoud e Tokimatsu (2019) [4], pouco descrevem sobre o fator localização, mas citam que é um fator de grande importância, pois na medida que em localizações mais remotas a energia elétrica convencional não pode chegar, aumenta a necessidade, o interesse e por consequência, a aceitação pela energia solar. Desse modo, é notável que a localidade não acaba sendo uma barreira em si, mas sim de fato um fator, algo que influencia na decisão com peso e de forma mais positiva de que negativamente.

Copiello e Grillenzoni (2017) [53], mencionam sobre fatores locais e dependência espacial como sendo uma das barreiras para a adoção de energia solar. Para o autor, o fator de localização influencia principalmente nas características naturais de cada região, pelo de umas regiões terem maior potencial de radiação solar que outras. De acordo com o autor esta barreira se interliga com a barreira de custo de implantação, pois dependendo do local, com menor incidência solar, é necessário a instalação de mais painéis solares fazendo com que o custo aumente, o autor não cita nenhuma solução para o problema, pois de fato não há, cada lugar possui sua particularidade e característica e menciona que a barreira da localização tende a influenciar com maior efeito o consumidor interno.

Díaz e van Vliet (2018) [54] realizaram um estudo de caso contendo entrevistas com a

população e consumidores de energia solar a fim de elencar quais são os fatores que influenciaram na decisão de optar por esta fonte energética. O fator localização aparece citado por poucos consumidores, porém os citantes mencionam que a localização influenciou na decisão pelo fato do relevo local não permitir a chegada da rede elétrica convencional e também pelo fato de a energia solar fotovoltaica ser de fácil instalação podendo ser utilizada justamente em locais de difícil acesso de outros métodos de energia elétrica.

Para *Diniz et. al* (1998; 2011) [52] [5], em seu estudo focado nas áreas rurais de Minas Gerais, a localização se torna um fator potencial nas regiões rurais mais afastadas onde não se torna possível nem viável o fornecimento de energia elétrica pela companhia estadual, CEMIG. Segundo o autor, em seus estudos com vários projetos bem sucedidos, foi demonstrado que a energia solar fotovoltaica é de fato confiável e suficiente para suprir a demanda energética das propriedades rurais tão bem quanto o abastecimento estadual pelos meios convencionais, assim o autor afirma que é o meio de geração de energia ideal para essas localidades. Neste caso, portanto, a localização não age como uma barreira, impedindo o desenvolvimento da tecnologia, pelo contrário, a localização se torna o fator que impulsiona a disseminação da energia solar fotovoltaica nessas regiões, justamente pela dificuldade de acesso da rede elétrica. Conforme o autor, esse fator ocorre por questões de viabilidade e interesse econômicos da empresa fornecedora de energia, no caso, a CEMIG, não estando interligada com nenhuma outra barreira e impactando ambos os consumidores, porém com mais intensidade no consumidor externo. Neste caso não há maneiras de mitigar ou favorecer este fator, pois é uma questão local e varia de acordo com cada região.

Por sua vez, *Khadilkar et al.* (2016) [51] elaboraram um modelo contendo dados do conhecimento empírico no qual o fato de localidade surge em conjunto com outros fatores que influenciam na adoção de energia fotovoltaica. Em seus estudos a barreira da localização não se mostrou tão importante de fato na decisão, porém quando a mesma é interligada a outras barreiras, como o custo por exemplo, se torna um fator com maior influência. Para o autor além do custo de implantação, essa barreira está interligada a alguns fatores naturais também não tendo uma forma de mitigá-la totalmente e afetando com maior intensidade o consumidor interno.

4.3.6 Fatores Econômicos

As barreiras ligadas à aspectos financeiros, ou fatores econômicos, são citadas diversas vezes por diferentes autores no decorrer desta pesquisa, porém com outros conceitos como: custos, viabilidade econômica, retorno do investimento e demais menções agrupadas já mencionadas.

Mais precisamente os fatores econômicos aparecem citados em 11 artigos. Para *Al-rashoud e Tokimatsu* (2019) [4] os fatores econômicos e financeiros são os maiores obstácu-

los na adoção de energia solar fotovoltaica a nível doméstico, ou seja, para uso particular. Segundo o autor isto ocorre devido ao ainda alto custo de implantação da tecnologia somado a outros fatores como falta de conhecimento da população e adequação do espaço, desse modo então esta barreira se encontra interligada à outras e a medida mais adequada para a solução desta barreira seria um política de subsídios através do governo e de melhores condições de crédito para a realização do investimento. Sendo assim, as barreiras econômicas afetam tanto os consumidores internos quanto os externos, pois ambos perdem de se beneficiar com a disseminação desta tecnologia.

Por sua vez, Canada et al. (2005) [46] citam que a viabilidade econômica é um fator fundamental para qualquer projeto, não sendo diferente na adoção de energia solar fotovoltaica. Neste caso, a viabilidade econômica é um fator crítico, pois os custos ainda são elevados devido ao grande número de componentes tecnológicos utilizados, como baterias e inversores. Portanto, dependendo das políticas locais de incentivos e deduções nas tarifas de energia, a diluição desses custos ao longo dos anos variam e, conseqüentemente, a viabilidade também.

A barreira econômica ainda é o maior fator para a disseminação da tecnologia, porém está interligada com outros fatores como subsídios e incentivos fiscais, além da falta de popularização em determinadas regiões gerando um ciclo difícil de ser rompido para a adoção dos painéis fotovoltaicos. Isso pode afetar tanto os consumidores internos quanto os externos, e como é um fator de mercado e dependente da oferta e demanda para seu barateamento, fica difícil alguma maneira de mitigar essa barreira (CANADA et al., 2005) [46].

Do et al. (2020) [50] mencionam que as barreiras econômicas são provenientes das outras fontes de energia e não da energia solar fotovoltaica em si, por exemplo, o fato de ainda existirem muitos subsídios a fontes de energias convencionais e não renováveis como o carvão, causando um demasiado barateamento dessa fonte energética poluente e assim a deixando mais atrativa, apenas em termos econômicos, perante a energia solar fotovoltaica que demanda um grande investimento logo no início da sua utilização. Outro fato são as poucas linhas de crédito disponíveis para o financiamento de energia solar fotovoltaica, o que acaba dificultando a adoção da tecnologia. Ainda segundo o autor essas barreiras surgem devido a fatores locais de cada região, portanto é uma barreira que está interligada às demais, e também pela burocracia e intervenção estatal na economia, fato que pode ser mitigado através de subsídios, incentivos fiscais e isenção de impostos para os adotantes da tecnologia. Também é citado pelo autor que esta barreira acaba afetando tanto os consumidores internos quanto os externos, pois o interno deixa de aproveitar de uma geração limpa pela falta de crédito e o externo deixa de vender, desse modo ambos acabam afetados e acaba por abafar a circulação de capital na economia.

Para Faiers e Neame (2006) [45], há um abismo de diferenças entre a energia elétrica fornecida convencionalmente e a energia solar fotovoltaica, pois enquanto uma chega à sua

casa de forma rápida, eficiente e barata, a outra demanda pesquisa para a implantação, tempo para a instalação e demora no retorno do investimento. Portanto, para o autor, o consumidor só decidirá pela energia solar fotovoltaica se conseguir visualizar de forma clara seu retorno financeiro, caso não haja essa percepção fica praticamente impossível de ocorrer a decisão pela adoção da tecnologia solar. Ainda de acordo com o autor, essa barreira surge pela burocracia, falta de conhecimento e mero comodismo dos consumidores, dessa forma estando interligada com as demais barreiras e também afetando ambos os consumidores, externos e internos. Algumas formas de mitigá-la citadas pelo autor são as campanhas e propagandas a fim de gerar conhecimento na população e incentivos fiscais para aliviar os custos primários de implantação.

Garlet et al. (2019) [48] cita que a maior barreira para a implantação de energia solar fotovoltaica na região Sul do Brasil, apesar do excelente potencial da região, é questão de financiamento para arcar com os custos iniciais da operação. Para o autor essa barreira surge devido a falta de popularização, conhecimento sobre o tema e incentivos, portanto é uma barreira interligada às demais, causando assim um efeito bola de neve com todos os outros fatores. A forma citada de mitigar a barreira econômica é a retirada de impostos, a geração de subsídios para a implantação de energias renováveis (de qualquer tipo) e incentivos gerais por parte do governo.

De acordo com Khadilkar et al. (2016) [51] as barreiras econômicas são o principal fator de negativa dos consumidores para adoção de painéis solares fotovoltaicos e dentro das barreiras econômicas o principal impedimento citado pelo autor é a falta de incentivos econômicos, ou seja, subsídios, portanto o autor elaborou diversos estudos e propostas de subsídios para mitigar esse impedimento e aumentar a disseminação da tecnologia de geração energética solar, principalmente entre os consumidores residenciais. O autor não menciona explicitamente formas de mitigar essa barreira, porém é nítido que ambos os consumidores são afetados e seus estudos e sugestões de diversas formas de subsídios são grandes contribuições para o melhor entendimento dos fatores econômicos que influenciam na decisão dos usuários optantes.

Khalil et al. (2017) [36] realizaram diversas pesquisas de opinião com públicos adotantes e não adotantes da tecnologia, em seus estudos ficou evidente que o custo de implementação é um fator de grande importância tanto para os usuários que já optaram pela utilização, quanto para os usuários que ainda não tomara a decisão de investir em painéis fotovoltaicos e estão pensando na hipótese. Os custos de implantação apareceram na primeira colocação do ranking de fatores extraído pelas citações dos usuários, sendo a maior preocupação do grupo de consumidores que ainda não tomaram a decisão de investir, ficando claro a grande importância e impacto dessa barreira. Segundo o autor a barreira de fatores econômicos surge devido a falta de conhecimentos dos usuários sobre a tecnologia e pela sua ainda inicial popularização, desse modo pode-se notar que é uma barreira também interligada às demais. O autor também menciona que ambos os tipos

de consumidores são impactados, internos e externos, e que a fim de mitigá-la deve-se ocorrer subsídios governamentais e maior popularização da tecnologia.

Para Qureshi et al. (2017) [55], de acordo com suas diversas entrevistas realizadas com consumidores aleatórios de energia solar fotovoltaica, os custos aparecem como a barreira mais significativa, somado com a ausência de apoio financeiro por parte dos governos para a instalação a nível doméstico. Portanto é mais um autor que confirma a grande importância da barreira econômica na difusão de painéis fotovoltaicos e o quanto importante é a redução de custo e popularização da tecnologia nesse aspecto. O autor menciona que os custos apenas serão diminuídos com a popularização do uso de energia solar, o que necessita demasiadamente de subsídios governamentais para se iniciar uma onda de implantação.

Sampaio e Gonzáles (2017) [43] realizaram um levantamento para elencar o atual estado da arte da energia solar fotovoltaica no Brasil, como resultado ficou evidente o grande potencial nacional para a geração de energia solar, o crescimento que os painéis fotovoltaicos tiveram nos últimos anos e a dependência dos fatores econômicos para as projeções de crescimento futuro. O autor é mais um que elenca a questão dos custos como uma das principais barreiras para a implantação e cita formas de mitigá-la como a implementação de políticas públicas e programas que estimulem a geração de energia fotovoltaica. Para o autor a barreira de fatores econômicos está diretamente ligada às demais barreiras e surgem devido à tecnologia de ponta embarcada nos sistemas fotovoltaicos e pela ainda baixa popularização que traria a diluição desses altos custos através do volume de vendas, afetando diretamente e de forma mais intensa o consumidor interno, pois acaba pagando mais caro ou deixando de adotar uma fonte de energia particular e renovável por causa dos elevados custos de implementação.

Em Sawyer (1982) [35] fica notável a preocupação desde a década de 1980 com a disseminação da energia solar fotovoltaica, dado todos seus benefícios e por ser uma fonte eficiente, inesgotável e limpa, porém também desde essa época ocorre a preocupação com as custas de implantação da tecnologia. O autor menciona que infelizmente, apesar dos bons resultados sobre a eficácia da energia solar, a adoção acelerada apenas ocorrerá quando os proprietários residenciais estiverem convictos que os resultados econômicos são factíveis. Segundo o autor, a barreira econômica aparece devido ao fato de os consumidores estarem atentos e desejarem a redução imediata no custo de energia, ainda de acordo com o autor a barreira econômica não está interligada com as outras barreiras, porém também afirma que afeta ambos os consumidores, internos e externos.

Sharpton et al. (2020) [56] também é adepto da vertente que afirma que a barreira econômica para a energia solar fotovoltaica surge devido aos privilégios dados a outras fontes de energia não renováveis, como carvão e combustíveis fósseis, desse modo se tornando muito mais atrativas por serem mais baratas. O estudo afirma que a energia renovável ainda é vista negativamente, no âmbito econômico, se for analisado apenas conceitos lo-

cais, pois acaba tendo resultado de forma mais lenta e para os governos acaba sendo um custo a mais, devido aos incentivos e subsídios maiores. De acordo com a obra a barreira de fatores econômicos surge devido ao fato dos consumidores não aceitarem tão bem a ideia de pagar mais caro para ter uma energia limpa e sustentável, pois muitos pensam apenas a curto prazo e individualmente em sua situação econômica atual, a forma para mitigar essa barreira seria a popularização dos painéis solares e maiores incentivos por parte do governo. Segundo o autor é uma barreira que afeta de forma mais intensa apenas o consumidor externo e menciona que atualmente, a nível mundial, poucas pessoas estão em condições de aumentar seu custo de vida pagando a mais por energia ou realizando grandes investimentos.

Para Sidiras e Koukios (2004) [49] a maior limitante da disseminação de painéis solares fotovoltaicos e termos econômicos é a renda familiar disponível para investimento em tecnologia. Em seus estudos, foi identificado que poucas das famílias participantes estavam dispostas a desembolsar uma quantia monetária para arcar com as custas da instalação de energia solar, bem como muitas famílias desejavam ter a tecnologia porém não havia possibilidade alguma de caber no orçamento mensal. O autor afirma que o custo elevado é resultado da alta tecnologia embarcada nos painéis, que o consumidor interno é o maior afetado por esses custos e que para mitigar essa barreira são necessários incentivos fiscais por parte do estado.

Spertino et al. (2013) [57] realizaram um estudo especificamente sobre os aspectos econômicos da energia solar fotovoltaica. O autor é categórico em afirmar que a barreira econômica ainda é o maior desafio para a adoção e disseminação da energia solar fotovoltaica, não que a tecnologia não seja vantajosa e viável, mas sim pelo fato de que o investimento inicial ainda é demasiadamente elevado para alguns grupos sociais, fato que faz com que os possíveis adotantes prefiram ainda pelas formas convencionais de energia, dada a facilidade de acesso, custo baixo e resultado imediato.

4.3.7 Fatores Políticos

Os fatores políticos possuem significativa relevância para a decisão de aderir ou não à energia solar fotovoltaica. Dentre esses fatores estão questões relacionadas à incentivos fiscais, impostos, subsídios, burocracias e demais fatores já mencionados anteriormente que foram englobados como fatores políticos. Ao todo foram 9 artigos citantes desses fatores.

Para Cansino et al. (2010) [58], em seus estudos sobre incentivos fiscais realizados em dezenas de países que promovem a chamada eletricidade verde, ficou evidente a efetividade de fornecer isenções de impostos para a promoção de energia solar fotovoltaica. O autor menciona que essa barreira aparece na cadeia de painéis solares devido às altas tributações sobre tecnologia e com isso afeta o custo de venda e produção dos painéis

solares, encarecendo a sua implantação, também é citado que essa barreira tende a afetar ambos os consumidores e a solução idealizada pelo autor seriam os incentivos fiscais para adotantes da tecnologia e redução de taxas.

Chen e Su (2014) [47] afirmam que a definição de uma baixa taxa de imposto e a redução de módulos e custos de montagem podem aumentar a utilização de sistemas fotovoltaicos beneficiando a cadeia de fornecimento fotovoltaica. Os resultados sugerem que os governos devem estabelecer uma política de subsídios apropriada para encorajar o desenvolvimento da indústria fotovoltaica, desse modo, a ideia proposta pelo autor seria de atacar o alto custo de implantação de energia solar fotovoltaica gerando incentivos fiscais não para o consumidor adotante, mas sim para as empresas produtoras de células e painéis geradores de energia solar, barateando toda a cadeia de fornecimento e conseqüentemente o custo de venda para o consumidor final. Para o autor a barreira política surge pela demasiada intervenção estatal na economia e a melhor solução seria o não envolvimento do estado no ramo, também afirma que este fator influencia de forma mais intensa o consumidor externo.

Já mencionado em outras barreiras, Díaz e van Vliet (2018) [54] também elenca a barreira política como uma grande influenciadora nas decisões de adotar ou não a tecnologia de painéis fotovoltaicos. Em suas pesquisas e entrevistas com adotantes ou futuros adotantes, os fatores políticos apareceram como sendo um dos maiores riscos para a tomada de decisão devido a baixa participação popular nas decisões políticas e pelo fato de que os processos de mudanças por meio da política serem extremamente lentos, principalmente por se tratar de uma questão estratégica como a energia. Para o autor a barreira política está diretamente interligada a barreira econômica e surge devido a fatores políticos locais e grande intervenção do estado em questões tecnológicas e econômicas, afetando negativamente ambos os consumidores.

Para Dinçer (2011) [59] a demanda energética mundial apenas tende a crescer, ainda de forma mais acelerada com o aumento da população jovem, tendência de urbanização e desenvolvimento econômico. A energia solar é uma das mais promissoras fontes energéticas do futuro, porém esbarra em questões políticas para ter ainda mais adesão. Essas questões ocorrem por causa da burocracia e das concessões para as operadoras do sistema elétrico, fato que dificulta a difusão dos painéis fotovoltaicos em muitos casos. O autor acusa como culpadas do surgimento dessa barreira a falta de incentivos fiscais por parte dos governos e políticas de subsídios errôneas, defendendo que quanto mais burocrático for o processo de instalação de energia solar, mais custoso fica o investimento. Para o autor essa barreira também afeta ambos os consumidores e para minimizá-la bastaria o estado abrir mais o mercado não se envolvendo na questão e se por acaso necessitar intervir que seja de forma correta e mais discreta possível.

Do et al. (2020) [50] realizaram estudos e entrevistas com cidadãos adotantes e não adotantes da energia solar, universidades, empresas e autores que publicam sobre o as-

sunto a fim de investigar o que ocasionou o crescente aumento da adesão à painéis solares fotovoltaicos e determinou que os acertos nas políticas públicas de incentivos a energias renováveis foi um dos fatores que mais impulsionou a adoção de painéis solares fotovoltaicos, esses incentivos variam desde políticas de apoio a isenções fiscais. Para o autor as políticas variam de acordo com particularidades de cada região, de cada governo e de questões estruturais, de acordo com ele as barreiras políticas estão diretamente interligadas às demais barreiras ou fatores, pois uma influencia diretamente na outra, os grandes afetados, ou neste caso, favorecidos, são ambos os consumidores.

Por sua vez, Echegaray (2014) [60] afirmam que o sucesso da adoção de energia solar fotovoltaica depende exclusivamente da sua aceitação por partes dos consumidores particulares e institucionais, ou seja, os consumidores particulares são os donos de residências responsáveis por optar aderir ou não à energia solar, àqueles que esta pesquisa visa estudar, os consumidores institucionais, como o próprio nome já diz, seriam as instituições, àquelas que delimitam as ações que por consequência acabam incentivando ou retraindo a adoção de painéis solares. Para o autor a burocracia estatal é um grande desmotivador para a tecnologia de painéis solares fotovoltaicos, não estando interligada a nenhuma outra barreira. Para sua mitigação é necessário que o estado pare de interferir na questão energética do país e saiba como incentivar da melhor forma possível, se necessário, desse modo as barreiras políticas acabam afetando ambos os consumidores, pois enquanto uns deixam de vender, outros deixam de se beneficiar da tecnologia embarcada.

Para Khalil et al. (2017) [36] os fatores políticos não são os de maior relevância na decisão de adotar ou não os painéis solares fotovoltaicos, porém, juntamente com os fatores econômicos, são de grande importância para os tomadores de decisão. Segundo entrevistas com a população, os fatores políticos e relacionados às decisões governamentais ficaram em terceiro lugar dentre os mais citados, perdendo para a relevância dos altos custos de implantação e para fatores de adequação espacial nas residências. Ainda de acordo com a obra, as barreiras políticas surgem pela falta de subsídios adequados, afetando ambos os consumidores da cadeia de painéis solares e possui forte relação com os fatores econômicos.

De acordo com Qureshi et al. (2017) [55] em seus estudos e entrevistas, apesar de ser muito promissora a energia solar fotovoltaica enfrenta grandes barreiras na questão dos elevados custos, fato que acaba sendo agravado pela falta de subsídios adequados e de políticas de crédito e financiamento, portanto para o estudo essas questões políticas estão diretamente interligadas às questões econômicas e financeiras. Todos os adotantes que citaram a barreira de custos também citaram sobre a barreira de política, isso se dá pela falta de incentivo dos governos e ainda devido a baixa popularidade da tecnologia em algumas regiões. Os fatores políticos também afetam ambos os consumidores e devem ser mitigados através do correto envolvimento do estado nas políticas sociais de subsídios, campanhas e financiamentos.

Por último, para Zhao et al. (2011) [39], os fatores políticos são os mais determi-

nantes na decisão das famílias por adotar ou não a energia solar fotovoltaica como sua fonte principal de energia elétrica, portanto quanto antes o governo reconhecer seu papel fundamental e estrutural na questão das energias renováveis mais benéfico para o setor será. Segundo a obra, a barreira política surge devido a grande tributação e interferência indevida na questão da geração distribuída, o que dificulta o interesse dos consumidores em adotar. É uma barreira que afeta de forma mais intensa o consumidor interno e que pode ser mitigada através da redução da carga tributária sobre as tecnologias embarcadas ou sobre os painéis solares e sua operação em si.

4.3.8 Fatores de Qualidade

Os fatores de qualidade, que englobam conceitos como confiabilidade, durabilidade e qualidade, são mencionados por três autores e apesar de não serem os principais determinantes na hora da tomada de decisão pelos consumidores, é um fator que somado aos demais fatores se tornam de grande importância para os adotantes.

Para Garlet et al. (2019) [48], em seus estudos e publicações específicas sobre as barreiras e fatores para a difusão da energia solar no Brasil, semelhante a esta pesquisa, afirma que a má qualidade dos sistemas fotovoltaicos presente no país é um grande empecilho para a difusão da tecnologia e que apesar de sozinho não ter um grande poder de interferência, quando se soma aos grandes custos de implantação e principalmente a fatores políticos se torna uma variável com poder considerável na tomada de decisão dos consumidores. Para o autor esta barreira se dá pela falta de popularidade dos painéis solares, o que faz com que a mão de obra qualificada na área se torne escassa e com isso as vendas de produtos de boa qualidade também, pois se o custo inicial já é elevado em qualquer circunstância, se torna ainda mais em um produto de alto padrão. Segundo o estudo, a barreira de qualidade tem grande interligação com os demais fatores e uma forma de mitigá-la seria a popularização desta tecnologia com o passar dos anos, desse modo, é uma barreira que atualmente acaba afetando ambos os consumidores.

Por sua vez, Sampaio e Gonzáles (2017) [43], em suas entrevistas com consumidores e adotantes de painéis solares fotovoltaicos, afirma que os fatores de qualidade não possuem grande influência na tomada de decisão, tendo uma relevância bem menor que os fatores econômicos e políticos. Para a autora essa barreira acaba por afetar de forma mais intensa o consumidor interno e surge na cadeia dos painéis solares fotovoltaicos devido a alta tecnologia embarcada que demanda produtos primários de qualidade e mão de obra qualificada na montagem, fato que ainda não é realidade em muitas regiões. Outro fato mencionado é a grande correlação entre os fatores de qualidade e os fatores econômicos, o que é notório, pois se algum consumidor investe uma alta quantia monetária ele visa um breve retorno e com qualidade, a forma de reduzir os impactos desta barreira seria uma melhor qualificação profissional dos instaladores e produtores da tecnologia.

Já para Diniz et al. (2011) [5], um dos grandes problemas para o consumidor optar por investir na tecnologia de painéis solares fotovoltaicos é a confiabilidade. Geralmente o pico de uso de utilização energética ocorre em determinados horários do dia a dia, com isso há uma grande dúvida, por parte dos consumidores, de que se a energia solar irá ter o potencial necessário para suprir essa demanda em horários de utilização intensa em que não haja luz solar, ou seja, ao fim do dia. Para a autora essa barreira surge pela falta de conhecimento da população e pela impossibilidade de ocorrer lapsos no fornecimento de energia, para exemplificar essa situação cita-se qualquer propriedade rural leiteira que de forma alguma pode ficar sem energia elétrica por determinado momento, não são sugeridas formas para mitigar essa barreira, porém se percebe forte ligação com os fatores de manutenção e econômicos, afetando de forma mais intensa o consumidor interno.

4.3.9 Manutenção

Os fatores sobre manutenção aparecem citados por apenas dois autores e geralmente estão relacionados com a assistência técnica de pós-venda e peças de reposição em casos de falha.

Além de citar os fatores de qualidade como barreira, Garlet et al. (2019) [48] também mencionam a manutenção como estando diretamente interligada à qualidade dos sistemas fotovoltaicos. Neste caso a manutenção é citada como um fator mais crítico, pois há uma grande preocupação por parte de muitos adotantes com futuras falhas e quebras nos sistemas e com a dificuldade de encontrar mão de obra e peças de reposição. É uma barreira que afeta com maior intensidade o consumidor interno, pois ele é quem fica desprovido.

Qureshi et al. (2017) [55] também mencionam a manutenção como uma barreira para a disseminação da energia solar fotovoltaica. Para o estudo a maior causadora dessa barreira é a complexidade dos sistemas fotovoltaicos, devido também a alta tecnologia embarcada, segundo ele a manutenção acaba não sendo um dos principais fatores que determinam ou não a adoção de painéis solares, porém é uma grande preocupação para todos os consumidores, sendo adotantes ou que estão pensando em aderir à tecnologia. Não são citadas formas de mitigar esta barreira, porém também é afirmado que acaba afetando com maior intensidade o consumidor interno.

4.4 Síntese das barreiras, obstáculos e fatores que influenciam para a implementação dos painéis fotovoltaicos

Neste tópico será abordada uma síntese de todos os fatores encontrados nesta pesquisa, destacando de forma sucinta o motivo causador, o consumidor mais afetado, as consequências e as alternativas para mitigação dos mesmos, conforme Figura 35.

Nota-se que a maioria dos fatores ou barreiras estão interligados entre si, gerando um efeito cascata ao conseguir avanços em alguma das áreas, por exemplo, se a qualidade e durabilidade dos painéis solares são maiores, diminui-se o receio, por parte da população, com os fatores de manutenção. O mesmo se observa com os fatores políticos e econômicos, pois se em determinada região há incentivos fiscais corretos e subsídios, os custos de implantação diminuem ou são facilitados por meio de crédito, com isso gera também impacto nos demais fatores, pois acarreta na popularização desta tecnologia em diversas residências.

Outro fator importante a ser destacado é como os governos têm grande significância em mitigar ou não esses fatores para a cadeia de painéis solares fotovoltaicos, pois nota-se que a solução de muitas barreiras está interligada a decisões governamentais como impostos, subsídios e linhas de crédito. Vale também destacar que os consumidores internos são mais afetados pelas barreiras que os consumidores externos, pois sempre que há algum impacto na cadeia externa, a interna acaba sentindo os reflexos em conjunto.

Nota-se a grande relevância dos fatores políticos e econômicos na tomada da decisão de adotar ou não painéis solares fotovoltaicos, sendo esses os maiores impactantes dentre os demais. Os motivos para tais barreiras surgirem são variados, porém se percebe que com o aumento da utilização, ou seja, com mais consumidores aderindo aos painéis solares em suas residências, muitas barreiras seriam amenizadas.

Figura 35 – Síntese dos Fatores/Barreiras

FATORES	O POR QUÊ OCORRE ESSA BARREIRA/OBSTÁCULO	QUEM É O AFETADO?	QUAL A CONSEQUÊNCIA?	QUAL SERIA UMA ALTERNATIVA?
Falta de Conhecimento	Pela ainda pouca popularidade desta tecnologia e pela falta de interesse da população em buscar mais conhecimento.	Afeta ambos os consumidores.	Impede o crescimento da cadeia de painéis solares fotovoltaicos, alguns perdem de usufruir e outros de vender.	Campanhas para difundir a tecnologia, popularizando-a e políticas de incentivos corretas
Capacidade da Rede	Devido a baixa capacidade da rede elétrica para acolhimento da geração distribuída.	Afeta ambos os consumidores.	Muitos usuários deixam de aderir à energia solar devido ao impedimento de dispensar seu excedente energético à rede.	Como são questões estruturais das regiões, a forma de mitigá-la seria por meio de investimentos em infraestrutura elétrica visando as energias do futuro e renováveis, como é o caso da energia solar.
Vizinhos	Pode-se mencionar que o principal causador deste fator é o efeito manada, é notável em alguns bairros e comunidades em que um morador adere a energia solar e seus vizinhos também resolvem investir.	Consumidores Internos.	Como essa questão está mais para um fator, sua consequência acaba sendo a anulação de algumas outras barreiras, como a falta de conhecimento, por exemplo, que com o contato próximo, se anula.	Não há necessidade de se mitigar esse fato, pois acaba tendo um efeito benéfico para a cadeia de painéis solares fotovoltaicos.
Expansão da Rede Elétrica	Ocorre devido ao fato da energia elétrica convencional estar atingindo locais que antes eram de difícil acesso.	Afeta o consumidor interno, porém não possui grande relevância na decisão.	Alguns consumidores de áreas rurais, como no interior de Minas Gerais, deixam de investir na energia solar para se utilizar da energia elétrica comum, que agora atinge sua propriedade.	A curto e médio prazo não são mencionadas tratativas que poderiam mitigar essa barreira, porém ela não possui grande impacto.
Fatores Locais	Ocorrem devido à localização de determinadas regiões e estão englobados os fatores naturais, como falta de luminosidade ou relevo desfavorável e a adequação de espaço para receber os painéis solares.	Afeta com maior intensidade o consumidor interno.	Possui tanto consequências positivas, quanto negativas. Alguns consumidores podem deixar de investir em energia solar devido ao seu local ser ineficiente ou com muitas adaptações espaciais a serem feitas. Por outro lado, alguns consumidores podem optar pela energia solar devido ao fato que a energia elétrica não chega em sua propriedade.	Quanto aos fatores locais, não há muito o que se fazer para mitigá-los, pois são dependentes de questões geográficas.
Fatores Econômicos	O principal motivo para os fatores econômicos se tornarem uma barreira na implantação de energia solar fotovoltaica é o alto custo de investimento inicial. Também pode-se citar o prazo para retorno do investimento.	Afeta com grande intensidade o consumidor interno.	Como consequência muitos usuários deixam de investir em painéis solares fotovoltaicos, mesmo tendo o conhecimento e desejo de utilizar a tecnologia.	A fim de minimizar o grande impacto econômico, é sugerido que os governos promovam subsídios e facilitem o acesso ao crédito para investimentos em energia solar, haja visto as grandes contribuições ambiental e reconhecimentos por um país possuir energia renovável e limpa.
Fatores Políticos	Os fatores políticos surgem devido a questões de tributação, políticas de incentivos errôneas e legislação inadequada.	Afeta ambos os consumidores.	A principal consequência dos fatores políticos é o encarecimento da tecnologia de energia solar devido aos altos impostos. Também pode-se citar que muitos consumidores deixam de investir devido a burocracia em alguns casos.	Para minimizar os impactos dessas questões é necessário que o estado se modernize, deixando de tratar a energia como um assunto tão estratégico e fechado, além de promulgar melhores incentivos fiscais.
Fatores de Qualidade	Devido a baixa qualidade dos produtos e ao receio do consumidor com possíveis falhas futuras e o risco de ficar sem energia.	Afeta com maior intensidade o consumidor interno.	A consequência é a não aderência, por parte dos consumidores, à energia solar fotovoltaica, devido ao receio de problemas futuros.	Sugere-se que com a popularização desta tecnologia se consiga uma significativa redução de preços dos equipamentos embarcados e com isso seja possível optar por equipamentos com maior qualidade.
Manutenção	Assim como os fatores de qualidade, surge devido ao receio, por parte dos consumidores, em não encontrarem peças de reposição, mão de obra qualificada e por receio dos custos de manutenção, devido também a falta de conhecimento.	Afeta com maior intensidade o consumidor interno.	Também como nos fatores de qualidade, a consequência é a não aderência dos consumidores devido aos receios com custos e mão de obra.	Acredita-se que com os devidos incentivos governamentais e crédito facilitado para o investimento, os painéis solares se popularizem cada vez mais e com isso os custos com manutenção diminuam gradativamente.

Fonte: O autor

4.5 Resultados a nível Brasil

Como levantado nos objetivos desta pesquisa, foram analisadas as barreiras e os fatores que influenciam na adoção de painéis fotovoltaicos de acordo com as publicações globais e serão, neste tópico, relacionadas com a atual situação em que os painéis fotovoltaicos se encontram no Brasil.

Quanto à barreira da Falta de Conhecimento, mesmo o país não tendo os melhores rankings de educação e a população mais estudada do mundo, percebe-se que os consumidores estão bem informados em relação à energia solar fotovoltaica e que em relação a informações e conhecimentos sobre esta tecnologia pouco se afeta, vide os bons indicadores levantados pela ABSOLAR (2021)[2].

Em relação a Capacidade da Rede, o país apresenta algumas carências de infraestrutura elétrica, principalmente para abrigar a geração distribuída, mas esta barreira está limitada a algumas regiões menos abastadas do Brasil, portanto na maioria do país tem-se uma infraestrutura elétrica adequada e capaz de suportar os efeitos da geração distribuída da energia fotovoltaica, ainda mais se ocorrerem investimentos no ramo (DINIZ et. al, 2011) [5].

Quanto ao fator de Vizinhos, como possui relação com o efeito manada, onde o indivíduo tende a adotar as mesmas ações da maioria, certamente será notado ao longo do país, possuindo mais relação ao grupo ou comunidade de pessoas envolvidas do que com o território em si próprio. Por sua vez, a barreira de Expansão da Rede Elétrica, segundo Diniz et. al (1998) [52], desde os anos 2000 vem ocorrendo este fenômeno de partir para as energias alternativas (renováveis) quando não se tem acesso a rede elétrica convencional e retornar para a utilização da rede elétrica quando a mesma se torna acessível e viável.

Os Fatores Locais, que em muitas regiões do mundo são determinantes para a adoção de painéis fotovoltaicos, não são notados no Brasil devido ao grande potencial que o país tem em relação a energia solar fotovoltaica e as energias renováveis como um todo (ABSOLAR, 2021) [2].

Já em relação aos Fatores Econômicos, esses sim marcam forte presença no país. O Brasil ainda carece de medidas econômicas eficientes, como crédito facilitado e subsídios, pois se nota uma grande parcela da população com interesse de investir na energia solar fotovoltaica, porém sem condições de arcar com os elevados custos iniciais para a instalação (AMBROSIO, 2020) [3].

Os Fatores Políticos, também muito citados pelos artigos analisados nesta pesquisa, marcam forte presença no país. De acordo com o levantamento feito por Ambrosio (2020) [3], nota-se que as políticas de incentivos e legislações nacionais foram eficientes até o presente momento, porém ainda há carência em uma legislação efetiva e atraente para os consumidores em relação a geração distribuída, para que seja vantajosa e facilitada a venda do excedente para a concessionária elétrica.

Quanto aos Fatores de Qualidade e de Manutenção, não se nota tanto receio na população brasileira como é visto globalmente. Isso provavelmente se deve ao fato da população ter confiança nos fornecedores da tecnologia no país e também pelo fato de empresas referências globais no ramo fotovoltaico, como é o caso da WEG e Intelbras, possuírem origem nacional (SAMPAIO e GONZÁLES, 2017) [43].

Por fim, não é uma tarefa fácil estudar os fatores em âmbito nacional, dada a pouca quantidade de artigos relacionado as barreias da energia fotovoltaica no Brasil. A maioria dos artigos encontrados se tratam de estudos de caso em países desenvolvidos ou de extrema pobreza, beirando os extremos, portanto, como o Brasil é um país considerado em desenvolvimento, os estudos sobre a situação nacional acabam sendo realizados em menor frequência por serem muito específicos.

5 Considerações Finais

Neste último capítulo do presente trabalho será abordado sobre as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

5.1 Conclusão da Pesquisa

Esta pesquisa elencou as principais barreiras e fatores para a adoção de energia solar fotovoltaica, segundo autores especialistas na área, além de se utilizar na prática os conceitos da metodologia SYSMAP para análises bibliográficas.

Foram apresentadas então várias barreiras e fatores citados pelos mais diversos autores, artigos, jornais e revistas da área e trazidos para a situação do Brasil. De todas as barreiras citadas, as mais significativas a nível Brasil são os fatores econômicos e políticos, pois foi levantado que o país possui um grande potencial para a energia solar fotovoltaica, fato que descarta a barreira de fatores locais.

Quanto às barreiras políticas, apesar de ainda não se ter uma política efetiva e perfeita a nível global para favorecer a disseminação de energia solar fotovoltaica no país, pode-se dizer que as normativas atualmente presentes no país foram acertadas e suficientes para trazer o desenvolvimento tecnológico da geração de energia solar aos níveis de hoje.

Portanto apesar de serem complicadas de se alterar, as medidas políticas do país podem ser consideradas boas e que certamente garantirão o crescimento da energia solar pelos próximos anos, porém se o país quiser entrar na dianteira global e se tornar uma fonte de boas políticas tecnológicas, precisa ainda melhorar suas regulamentações para a geração distribuída em residências particulares.

No que tange às barreiras econômicas, uma das principais impedoras da disseminação da geração de energia fotovoltaica não só no país, mas em todo o mundo, o Brasil ainda tem muito a melhorar. No país se nota a necessidade de um maior incentivo governamental às tecnologias de geração energética limpa por meio de subsídios, diminuição de impostos e tarifas e principalmente a geração de linhas de crédito facilitado para pessoas físicas conseguirem melhores condições na instalação de painéis fotovoltaicos e de geração distribuída em suas próprias residências.

Certamente se o país souber conduzir as devidas melhorias nessas duas classes de barreiras, conseguirá se destacar a nível global no quesito de geração de energia solar e geração energética renovável, pois já possui destaque em relação a energia proveniente das hidrelétricas. No que tange às demais barreiras pode-se dizer que o Brasil é privilegiado, onde pouco se observa a ocorrência delas.

Para a comunidade científica em geral, este trabalho teve sua contribuição pela utili-

zação da metodologia SYSMAP, reforçando sua qualidade e funcionamento em mais uma revisão de literatura, fato que aumenta a disseminação do método com o aumento de trabalhos publicados se utilizando do mesmo. Vale destacar também o levantamento das barreiras e fatores que contribuem para a adoção de energia solar fotovoltaica no Brasil, pois a comunidade científica ainda está carente de documentos relacionados ao tema e direcionados para o âmbito regional, inclusive a nível de América Latina, pelo fato da maioria dos artigos encontrados são apenas de outros países.

Em específico, para a área da energia solar fotovoltaica, este trabalho foi útil para elencar as lacunas e oportunidade de novos estudos sobre o tema. Além disso, foi possível realizar um levantamento do estado da arte sobre as barreiras para a disseminação de energia solar fotovoltaica, bem como mapear a interligação entre as barreiras relacionando quais são as mais dependentes umas das outras, como é o caso dos fatores econômicos com os fatores políticos e dos fatores de qualidade com os fatores de manutenção.

Por fim, para o curso de Engenharia de Controle e Automação, este trabalho contribuiu para a análise de novas oportunidades para a área de automação focada em energias renováveis e principalmente na energia solar, dado que a solução de algumas barreiras pode estar relacionada com aplicações de automação, como é o caso da manutenção e da qualidade dos painéis fotovoltaicos.

5.2 Recomendações para Pesquisas Futuras

Como recomendação final para esta pesquisa, sugere-se que sejam feitas entrevistas com usuários, fornecedores, profissionais e possíveis clientes de energia solar fotovoltaica para elencar e validar as barreiras encontradas pela pesquisa. Esta proposta inicialmente estava no escopo do trabalho, porém devido à situação pandêmica em que o mundo se encontra e às limitações de prazo não foi possível realizá-las, sendo assim, fica como sugestão de continuidade e trabalhos futuros para o prosseguimento da pesquisa.

Outro fato importante para o futuro desta pesquisa é realizar uma busca mais ampla, envolvendo as bases de dados nacionais, nas quais se pode focar especificamente sobre a situação no Brasil, além de se utilizar mais artigos e documentos para a fase de Análise Sistêmica.

Utilizar demais formatos de documentos além de artigos científicos como livros, publicações de teses e dissertações, além de congressos específicos sobre o tema. Refazer o levantamento das barreiras para a energia solar fotovoltaica no país periodicamente a fim de mapear a evolução da problemática ou o surgimento de novas barreiras.

Referências Bibliográficas

- 1 BLOOMBERGNEF. *Demanda por energia crescerá 62% impulsionada por veículos elétricos, aponta BloombergNEF*. 2019. Disponível em: <<https://epbr.com.br/demanda-global-de-energia-crescera-62-ate-2050-aponta-bloombergnef/>>. 13
- 2 ABSOLAR, A. B. d. E. S. F. *Infográfico ABSOLAR*. 2021. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 32, 33, 34, 35, 82
- 3 AMBROSIO, L. H. Análise da minimização de perda de transmissão de energias de painéis solares fotovoltaicos - EPSF. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/>>. 16, 35, 82
- 4 ALRASHOUD, K.; TOKIMATSU, K. Factors influencing social perception of residential solar photovoltaic systems in Saudi Arabia. *Sustainability (Switzerland)*, MDPI AG, v. 11, n. 19, 2019. ISSN 20711050 (ISSN). Disponível em: <https://res.mdpi.com/d_attachment/sustainability/sustainability-11-05259/article_deploy/sustainability-11-05259.pdf>. 16, 17, 64, 67, 70, 71
- 5 DINIZ, A. S. A. C. et al. Review of the photovoltaic energy program in the state of Minas Gerais, Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 6, p. 2696–2706, 2011. ISSN 1364-0321. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211100102X>>. 16, 71, 79, 82
- 6 Agência Nacional de Energia Elétrica. 18, 33, 34
- 7 IST. *Breve História da Energia Solar*. 2021. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>>. 21, 22, 23
- 8 VALENTE, M. Â. S. U. N. d. L. Caracterização Automática de um Painel Fotovoltaico. p. 82, 2011. 21, 24, 25, 28, 29, 30
- 9 Portal das Energias Renováveis. *Portal das Energias Renováveis*. 2021. Disponível em: <<http://www.energiasrenovaveis.com/>>. 22
- 10 BRITO, M. C.; SERRA, J. M. Células solares para a produção de energia eléctrica †. *Departamento de Física da FCUL*, v. 28, n. 1949, p. 4, 2005. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/p7.pdf>>. 22
- 11 Delaware University. *UD-led team sets solar cell record, joins DuPont on \$100 million project*. 2007. Disponível em: <<http://www1.udel.edu/PR/UDaily/2008/jul/solar072307.html>>. 23
- 12 LUQUE, A.; HEGEDUS, S. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. [S.l.]: John Wiley Sons, Ltd, 2005. 24
- 13 ALTERNER, P. Relatório Técnico. In: *Energia Fotovoltaica: manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. [s.n.], 2004. p. 8–46. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>>. 24

- 14 INTELBRAS. *Catálogo de Produtos*. 2021. Disponível em: <<https://www.intelbras.com/>>. 25, 26
- 15 SOLAR, P. *Energia Solar no Brasil - Portal Solar - Tudo sobre Energia Solar Fotovoltaica | Portal Solar*. 2022. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html>>. 27
- 16 Minha Casa Solar. *Site Minha Casa Solar*. 2021. Disponível em: <<https://www.minhacasasolar.com.br/>>. 27
- 17 XU, Y. et al. Global status of recycling waste solar panels: A review. *Waste Management*, Elsevier Ltd, v. 75, p. 450–458, 2018. ISSN 18792456. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.036>>. 26, 27, 28, 31, 32
- 18 Grupo de Trabalho de Energia Solar. *CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica*. 2004. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/publicacoes/Manual_Livro.htm>. 28
- 19 CARRIJO, D. R. et al. Uma proposta de técnica de rastreamento do ponto de máxima potência de um painel fotovoltaico. *XVIII Congresso Brasileiro de Automática*, n. 1, p. 2543–2548, 2010. 30, 32
- 20 MEIQIN, M. et al. Research and development of fast field tester for characteristics of solar array. In: *2009 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*. [S.l.]: IEEE, 2009. p. 1055–1060. ISBN 1424435099. 30
- 21 HANSEN, A. D.; SØRENSEN, P.; HANSEN, L. H. *Models for a Stand-Alone PV System*. [s.n.], 2000. v. 1219. 78 p. ISSN 1527-1404. ISBN 8755027741. Disponível em: <<http://www.risoe.dk/rispubl/vea/veapdf/ris-r-1219.pdf>>. 31
- 22 GONZÁLEZ-LONGATT, F. M. J. I. C. Model of photovoltaic module in Matlab. v. 2005, p. 1–5, 2005. 31
- 23 LAKATOS, L.; HEVESSY, G.; KOVÁCS, J. Advantages and disadvantages of solar energy and wind-power utilization. *World Futures: Journal of General Evolution*, v. 67, n. 6, p. 395–408, 2011. ISSN 02604027. 32
- 24 SCHERER, L. A. et al. Fonte Alternativa De Energia: Energia Solar. *XX Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, p. 12, 2015. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>>. 32
- 25 WWF. *Acordo de Paris completa cinco anos com lições aprendidas | WWF Brasil*. 2020. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?77471/Acordo-de-Paris-completa-cinco-anos-com-licoes-aprendidas>>. 35
- 26 Instituto Socioambiental. *ISA - Instituto Socioambiental - Socioambiental*. 2019. Disponível em: <<https://www.socioambiental.org/pt-br/cop-21https://www.socioambiental.org/pt-br>>. 35
- 27 SILVA, R. M. D. Energia solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. *Brasília: Senado Federal, Consultoria Legislativa*, p. 53, 2015. Disponível em: <www.senado.leg.br/estudos>. 36

- 28 NASCIMENTO, R. L. Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. *Estudo Técnico*, p. 1–46, 2017. ISSN 22131388. Disponível em: <file:///C:/Users/gmols/Downloads/energia_solar_limp(2).pdf>. 36
- 29 G1. *Energia solar em 2022: Projeções para a modalidade energética são otimistas / TOP SUN ENERGIA SOLAR / G1*. 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/top-sun/top-sun-energia-solar/noticia/2021/12/20/energia-solar-em-2022-projecoes-para-modelo-energetico-que-tem-crescido-no-pais-seguem/-otimistas.ghml>>. 37
- 30 OECD/IEA. *IEA (International Energy Agency)*. 2011. Disponível em: <<https://www.iea.org/>>. 37
- 31 SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. [S.l.]: Florianópolis, 2005. 38
- 32 GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. [S.l.]: São Paulo, 2002. v. 4. 38
- 33 VAZ, C. R.; URIONA-MALDONADO, M. *Revisão de literatura estruturada: proposta do modelo SYSMAP (Scientometric and sYStematic yielding MApping Process)*. [S.l.], 2017. 38, 39, 58
- 34 VERBONG, G.; GEELS, F. The ongoing energy transition: lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960–2004). *Energy policy*, Elsevier, v. 35, n. 2, p. 1025–1037, 2007. ISSN 0301-4215. 45
- 35 SAWYER, S. W. Leaders in change. Solar energy owners and the implications for future adoption rates. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 21, n. 3, p. 201–211, 1982. ISSN 00401625. 49, 74
- 36 KHALIL, I. U.; KHATTAK, A.; AHSAN, M. U. *Solar PV adoption for homes (A case of Peshawar, Pakistan)*. New York: Ieee, 2017. ISBN 978-1-5386-2234-6. 52, 65, 68, 73, 77
- 37 SOZAR, H. et al. Sensitivity factors in building integrated photovoltaic (BIPV) system cost. In: THORNBLOOM, M. D.; JONES, S. A. (Ed.). *2003 International Solar Energy Conference*. Kohala Coast, HI: [s.n.], 2003. p. 513–517. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0346332640&doi=10.1115/https://asmedigitalcollection.asme.org/ISEC/proceedings-abstract/ISEC2003/36762/513/295900>>. 53
- 38 SOZER, H. et al. Identification of barriers to PV application into the building design. In: THORNBLOOM, M. D.; JONES, S. A. (Ed.). *2003 International Solar Energy Conference*. Kohala Coast, HI: [s.n.], 2003. p. 527–533. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0346332634&doi=10.1115/https://asmedigitalcollection.asme.org/ISEC/proceedings-abstract/ISEC2003/36762/527/295827>>. 53
- 39 ZHAO, Z.-Y. et al. Impacts of renewable energy regulations on the structure of power generation in China – A critical analysis. *Renewable Energy*, v. 36, n. 1, p. 24–30, 2011. ISSN 0960-1481. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811000234X>>. 53, 59, 77

- 40 HU, J. et al. Voltage Stabilization: A Critical Step Toward High Photovoltaic Penetration. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., v. 13, n. 2, p. 17–30, 2019. ISSN 19324529 (ISSN). Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068185424&doi=10.1109/https://ieeexplore.ieee.org/document/8744349/>>. 53
- 41 HU, J.; WU, S.; DE, B. Analysis and comparison of residential energy consumption. In: *Household Energy Consumption in China: 2016 Report*. Springer International Publishing, 2019. p. 113–158. ISBN 9789811375231 (ISBN); 9789811375224 (ISBN). Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-7523-1_4>. 53
- 42 LI, Z. et al. Residential Photovoltaic Power Forecasting Considering Division of Weather Type Index Interval. In: LIE, T. T.; LIU, Y. (Ed.). *6th Asia Conference on Power and Electrical Engineering, ACPEE 2021*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. p. 487–492. ISBN 9781728191591 (ISBN). Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85107482843&doi=10.1109/https://ieeexplore.ieee.org/document/9437033/>>. 53
- 43 SAMPAIO, P. G. V.; GONZÁLEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 74, p. 590–601, 2017. ISSN 1364-0321. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117303076>>. 57, 74, 78, 83
- 44 ZHANG, X. et al. Review of RD progress and practical application of the solar photovoltaic/thermal (PV/T) technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 1, p. 599–617, 2012. ISSN 1364-0321. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111004369>>. 58, 59
- 45 FAIERS, A.; NEAME, C. Consumer attitudes towards domestic solar power systems. *Energy Policy*, v. 34, n. 14, p. 1797–1806, 2006. ISSN 03014215 (ISSN). 58, 68, 72
- 46 CANADA, S. et al. Operation and maintenance field experience for off-grid residential photovoltaic systems. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, v. 13, n. 1, p. 67–74, 2005. ISSN 10627995 (ISSN). Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-13244259285&doi=10.1002/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1002/pip.573?download=true>>. 64, 72
- 47 CHEN, Z.; SU, S.-I. I. Photovoltaic supply chain coordination with strategic consumers in China. *Renewable Energy*, v. 68, p. 236–244, 2014. ISSN 0960-1481. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148114000640>>. 65, 76
- 48 GARLET, T. B. et al. Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier Ltd, v. 111, p. 157–169, 2019. ISSN 13640321 (ISSN). 65, 73, 78, 79
- 49 SIDIRAS, D. K.; KOUKIOS, E. G. Solar systems diffusion in local markets. *Energy Policy*, v. 32, n. 18, p. 2007–2018, 2004. ISSN 03014215 (ISSN). 65, 75
- 50 DO, T. N. et al. Underlying drivers and barriers for solar photovoltaics diffusion: The case of Vietnam. *Energy Policy*, Elsevier Ltd, v. 144, 2020. ISSN 03014215 (ISSN). 68, 69, 72, 76

- 51 KHADILKAR, H. et al. A socially aware incentive strategy for encouraging residential solar uptake in Brunei. In: *IEEE International Conference on Smart Grid Communications, SmartGridComm 2015*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. p. 545–550. ISBN 9781467382892 (ISBN). Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84964950538&doi=10.1109/https://ieeexplore.ieee.org/document/7436357/>>. 69, 71, 73
- 52 DINIZ, A. S. A. C. et al. Current status and prospects of the photovoltaic rural electrification programmes in the state of Minas Gerais, Brazil. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, John Wiley and Sons Ltd, v. 6, n. 5, p. 365–377, 1998. ISSN 10627995 (ISSN). Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0032156728&doi=10.1002/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1002/>>. 70, 71, 82
- 53 COPIELLO, S.; GRILLENZONI, C. Solar Photovoltaic Energy and Its Spatial Dependence. *Energy Procedia*, v. 141, p. 86–90, 2017. ISSN 1876-6102. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217354231>>. 70
- 54 DÍAZ, P.; VLIET, O. van. Drivers and risks for renewable energy developments in mountain regions: A case of a pilot photovoltaic project in the Swiss Alps. *Energy, Sustainability and Society*, BioMed Central Ltd., v. 8, n. 1, 2018. ISSN 21920567 (ISSN). Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85053525593&doi=10.1186/https://energysustainsoc.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13705-018-0168-x.pdf>>. 70, 76
- 55 QURESHI, T. M.; ULLAH, K.; ARENTSEN, M. J. Factors responsible for solar PV adoption at household level: A case of Lahore, Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier Ltd, v. 78, p. 754–763, 2017. ISSN 13640321 (ISSN). 74, 77, 79
- 56 SHARPTON, T.; LAWRENCE, T.; HALL, M. Drivers and barriers to public acceptance of future energy sources and grid expansion in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier Ltd, v. 126, 2020. ISSN 13640321 (ISSN). 74
- 57 SPERTINO, F.; Di Leo, P.; COCINA, V. Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 28, p. 531–540, 2013. ISSN 1364-0321. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113005649>>. 75
- 58 CANSINO, J. M. et al. Tax incentives to promote green electricity: An overview of EU-27 countries. *Energy Policy*, v. 38, n. 10, p. 6000–6008, 2010. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151000426X>>. 75
- 59 DINÇER, F. Overview of the photovoltaic technology status and perspective in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 8, p. 3768–3779, 2011. ISSN 1364-0321. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111002437>>. 76
- 60 ECHEGARAY, F. Understanding stakeholders' views and support for solar energy in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 63, p. 125–133, 2014. ISSN 0959-6526. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613000668>>. 77