



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DE FATORES DETERMINANTES NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE
INVESTIMENTOS EM ENERGIA SOLAR E EÓLICA**

RÔMULO DE OLIVEIRA AZEVÊDO

JOÃO PESSOA – PB

2020

RÔMULO DE OLIVEIRA AZEVÊDO

**ANÁLISE DE FATORES DETERMINANTES NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE
INVESTIMENTOS EM ENERGIA SOLAR E EÓLICA**

Projeto de dissertação submetido ao exame de defesa do mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rotella Junior

JOÃO PESSOA – PB

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A994a Azevedo, Romulo de Oliveira.

Análise de fatores determinantes na viabilidade econômica de investimentos em energia solar e eólica / Romulo de Oliveira Azevedo. - João Pessoa, 2020.
107 f.

Orientação: Paulo Rotella Junior.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Energias renováveis. 2. Energia solar. 3. Energia eólica. 4. Viabilidade econômica. 5. Revisão sistemática. I. Rotella Junior, Paulo. II. Título.

UFPB/BC



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROG. DE PÓS-GRAD. EM ENG. DE PRODUÇÃO

Ata da 644^a Apresentação Pública de
Dissertação do Mestrando **Romulo de
Oliveira Azevedo** para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção na área
de Gestão e Otimização de Sistemas de
Produção.

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção abriu sua sexcentésima quadragésima quarta apresentação pública de dissertação, às dezesseis horas do dia 29 de maio de dois mil e vinte, por Video Conferência através do Google Meet no seguinte endereço eletrônico: meet.google.com/vce-hmhg-jpb, se reuniu a Banca Examinadora composta pelos professores: **Paulo Rotella Junior**, Dr. (Orientador), **Rogério Santana Peruchi**, Dr. (Examinador Interno), **Luiz Moreira Coelho Junior**, Dr. (Examinador Externo – Departamento de Engenharia de Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis na Universidade Federal da Paraíba), sendo designada pela Portaria 09/2020-PPGEP para avaliar o trabalho “**Análise de Fatores Determinantes na Viabilidade Econômica de Investimentos em Energia Solar e Eólica**” de autoria do mestrando **Rômulo de Oliveira Azevedo**, candidato ao título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de Gestão da Produção. Além dos examinadores e do mestrando, compareceram, familiares, convidados e representantes do corpo discente e docente. Iniciada a sessão o Prof. Paulo Rotella, na qualidade de presidente da Banca Examinadora, apresentou aos presentes qual a finalidade da reunião e os seus procedimentos de encaminhamento. A seguir, passou a palavra ao mestrando para que em prazo regimental fizesse oralmente a exposição sucinta de seu trabalho. Concluída a apresentação, o senhor presidente solicitou à banca examinadora que tecessem seus comentários. Na sequência, a banca reuniu-se em caráter



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROG. DE PÓS-GRAD. EM ENG. DE PRODUÇÃO

secreto, a proceder julgamento e avaliação da dissertação, decidindo atribuir o conceito **APROVADO**, concedendo assim o grau de mestre ao **Romulo de Oliveira Azevedo**. Nada mais havendo a tratar, o senhor presidente agradeceu a presença de todos e encerrou a sessão, sugerindo por recomendação dos membros da banca que o prazo máximo para providenciar as correções e entregar os volumes da dissertação na Secretaria do Programa é de 60 dias a partir desta data. Para constar, eu, Ana Araújo Silva, secretária do PPGEP, lavrei a presente Ata que assino juntamente com o presidente e demais membros da Banca Examinadora e o candidato. João Pessoa - PB, 29 de maio de 2020.

Ana Araújo Silva
Secretária

Prof. Paulo Rotella Junior, Dr.
Presidente da Banca

Prof. Rogério Santana Peruchi, Dr.
Examinador Interno

Prof. Luiz Moreira Coelho Junior, Dr.
Examinador Externo


Romulo de Oliveira Azevedo
Mestrando

Emitido em 29/05/2020

ATA Nº 001/2020 - PPGEP (11.01.17.37)
(Nº do Documento: 1)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 04/06/2020 20:11)
ANA ARAUJO SILVA
TECNICO EM SECRETARIADO
332529

(Assinado digitalmente em 05/06/2020 08:40)
LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
1643037

(Assinado digitalmente em 05/06/2020 07:22)
PAULO ROTELLA JUNIOR
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
2317198

(Assinado digitalmente em 05/06/2020 10:11)
ROGERIO SANTANA PERUCHI
COORDENADOR DE CURSO
1217340

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: 1,
ano: 2020, documento (espécie): ATA, data de emissão: 04/06/2020 e o código de verificação: 630Baddba

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Luci Augusta de Oliveira por todo apoio e incentivo à minha educação, por estar sempre ao meu lado me ajudando nos momentos difíceis e compartilhando alegrias.

Aos meus amigos e colegas que me incentivam e ajudam de alguma forma na minha caminhada.

Agradeço ao meu orientador Paulo Rotella Junior pela paciência e por toda ajuda na caminhada do meu processo de mestrado e a todos os professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), por compartilharem conhecimento e pela disposição em ajudar.

Agradeço também a todos os componentes da minha banca pela disposição e pelas contribuições ao trabalho de pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo durante o período de mestrado.

Agradeço a Deus pela vida e a todos que acreditam e torcem por mim.

RESUMO

A crescente demanda por eletricidade e a crise ambiental e energética no mundo vêm destacando estudos sobre fontes alternativas de energia, que possam suprir essa demanda e mitigar os danos causados ao meio ambiente. Energias renováveis, como a energia eólica e a energia solar, são as principais fontes de energia alternativa buscadas no mundo por serem consideradas fontes limpas de energia e abundantes em quase todo o planeta. Embora seja necessário instalar tais fontes de energia, é essencial avaliar os fatores que impactam na viabilidade econômica dos projetos, a fim de facilitar e incentivar investidores na instalação destas fontes renováveis de energia. Portanto, o objetivo desta pesquisa é apresentar um quadro analítico sistemático, a fim de identificar e analisar os principais fatores que impactam no estudo de viabilidade financeira de um projeto para instalação de usinas eólicas e solares. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL) por meio do *Web of Science* (WoS), a fim de analisar os principais estudos relacionados ao tema e identificar os principais fatores que podem afetar financeiramente o investimento em tais fontes de energia. Os processos de RSL envolveram basicamente três etapas: a etapa de entrada; a etapa de processamento; e a etapa de saída. Foram realizadas duas pesquisas de trabalhos: a primeira para os estudos sobre a viabilidade econômica de energia eólica; e a segunda para os estudos sobre a viabilidade econômica de energia solar. Os fatores encontrados nos dois processos foram classificados em cinco categorias: (i) fatores de localização; (ii) fatores econômicos; (iii) fatores políticos; (iv) fatores climáticos e ambientais; e (v) fatores técnicos. No caso da energia solar, 29 fatores que exercem influência foram identificados. Dentre eles, destacamos os custos iniciais de investimento, geração de energia, operação e manutenção, radiação solar, eficiência, tarifa de energia, consumo de eletricidade e juros e impostos. Já, no caso da energia eólica, 23 parâmetros foram identificados como fatores de impacto, sendo a potência instalada o fator de maior destaque, presente em todos os estudos da amostra final, seguido pelo custo de investimento, a velocidade do vento, o tempo de vida útil e o custo de operação e manutenção. Os resultados podem ajudar formuladores de políticas, investidores, pesquisadores e outros stakeholders a identificar os principais fatores que estão sendo examinados na literatura e a avaliar quais devem ser considerados em seu estudo para garantir um desenvolvimento sustentável da geração de energia por meio destas fontes.

PALAVRAS-CHAVE: Energias renováveis; Energia solar; Energia eólica; Viabilidade econômica; Revisão sistemática.

ABSTRACT

The growing demand for electricity and the environmental and energy crisis in the world have highlighted studies on alternative sources of energy, which can supply this demand and mitigate the damage caused to the environment. Renewable energies, such as wind and solar energy, are the main sources of alternative energy sought in the world because they are considered clean and abundant sources of energy in almost the entire planet. Although it is necessary to install such energy sources, it is essential to assess the factors that impact on the economic viability of the projects, in order to facilitate and encourage investors in the installation of these renewable energy sources. Therefore, the objective of this research is to present a systematic analytical framework, to identify and analyze the main factors that impact on the financial feasibility study of a project for the installation of wind and solar plants. For that, a Systematic Literature Review (RSL) was carried out through the Web of Science (WoS), in order to analyze the main studies related to the theme and to identify the main factors that can financially affect the investment in such energy sources. The RSL processes basically involved three stages: the entry stage; the processing step; and the exit step. Two research studies were carried out: the first for studies on the economic viability of wind energy; and the second for studies on the economic viability of solar energy. The factors found in the two RSL processes were classified into five categories: (i) location factors; (ii) economic factors; (iii) political factors; (iv) climatic and environmental factors; and (v) technical factors. In the case of solar energy, 29 influencing factors have been identified. Among them, we highlight the initial investment costs, energy generation, operation and maintenance, solar radiation, efficiency, energy tariff, electricity consumption and interest and taxes. In the case of wind energy, 23 parameters were identified as impact factors, with installed power being the most prominent factor, present in all studies of the final sample, followed by investment cost, wind speed, time of useful life and the cost of operation and maintenance. The results can help policy makers, investors, researchers and other stakeholders to identify the main factors being examined in the literature and to assess which ones should be considered in their study to ensure sustainable development of energy generation through these sources.

KEYWORDS: *Renewable energy; Solar energy; Wind energy; Economic viability; Systematic review.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de condução da RSL em três etapas	15
Figura 2 - Síntese da filtragem dos artigos da primeira RSL após leitura.....	17
Figura 3 - Síntese das etapas de leitura dos artigos da segunda RSL.....	20
Figura 4 - Evolução do número de publicações por ano da RSL sobre energia eólica	21
Figura 5 - Mapa de localização de publicações da amostra da RSL sobre energia eólica	22
Figura 6 - Número de publicações por país da RSL sobre energia eólica.....	22
Figura 7 - Número e média de citações dos artigos mais citados da amostra da RSL sobre energia eólica.....	23
Figura 8 - Evolução de citações dos autores ao longo dos anos da RSL sobre energia eólica.	24
Figura 9 - Mapa de dados bibliográficos das principais palavras-chave da RSL sobre energia eólica.....	25
Figura 10 - Principais fatores identificados na amostra da RSL sobre energia eólica	25
Figura 11 - Evolução do número de publicações por ano da amostra final da RSL sobre energia solar.....	40
Figura 12 - Mapa de publicações da amostra da RSL sobre energia solar	41
Figura 13 - Número de publicações por país da RSL sobre energia solar	41
Figura 14 - Número e média de citações dos artigos mais citados da amostra da RSL sobre energia solar.....	42
Figura 15 - Evolução de citações dos autores ao longo dos anos da RSL sobre energia solar	43
Figura 16 - Mapa de dados bibliográficos das principais palavras-chave da RSL sobre energia solar	44
Figura 17 - Fatores de impacto no investimento de energia solar	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Termos de busca da RSL sobre energia eólica.....	16
Quadro 2: Termos de busca da RSL sobre energia solar.....	19
Quadro 3: Fatores identificados nas referências da RSL sobre energia eólica.....	26
Quadro 4: Resumo dos fatores de impacto identificados na RSL sobre energia solar.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IEA	International Energy Agency
TPES	Fornecimento total de energia primária
MME	Ministério de Minas e Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
WoS	Web of Science
VPL	Valor Presente Líquido
O&M	Operação e Manutenção
FIT	feed-in tariffs
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
RPM	Rotação por minuto
TIR	Taxa Interna de Retorno
LED	Diodo emissor de luz
BIPV	Painéis fotovoltaicos integrados à construção
WACC	Custo médio ponderado de capital
RADR	Taxa de desconto ajustada ao risco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo geral.....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2. METODOLOGIA.....	18
2.1 RSL SOBRE A PERSPECTIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE ENERGIA EÓLICA	19
2.1.1 Fase de entrada – Energia eólica	19
2.1.2 Fase de processamento – Energia eólica	21
2.1.3 Fase de saída – Energia eólica.....	22
2.2 RSL SOBRE A PERSPECTIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE ENERGIA SOLAR.....	22
2.2.1 Fase de entrada – Energia solar	22
2.2.2 Fase de processamento – Energia solar	23
2.2.3 Fase de saída – Energia solar	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
3.1 ANÁLISE DE FATORES DE IMPACTO NO INVESTIMENTO DE ENERGIA EÓLICA.....	25
3.1.1 Caracterização da amostra final	25
3.1.2 Análise de rede de dados	28
3.1.3 Fatores de impacto identificados	29
3.1.3.1 Fatores de localização	31
3.1.3.2 Fatores econômicos	32
3.1.3.3 Fatores políticos	35
3.1.3.4 Fatores climáticos e ambientais.....	37
3.1.3.5 Fatores técnicos	40
3.2 ANÁLISE DE FATORES DE IMPACTO NO INVESTIMENTO DE ENERGIA SOLAR	43
3.2.1 Caracterização da amostra final	43
3.2.2 Análise de rede de dados	47
3.2.3 Fatores de impacto identificados	48
3.2.3.1 Fatores de localização	52
3.2.3.2 Fatores econômicos	54
3.2.3.3 Fatores políticos	58
3.2.3.4 Fatores climáticos e ambientais.....	63
3.2.3.5 Fatores técnicos	66

4. CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE A – SÍNTESE DA AMOSTRA FINAL DE ARTIGOS DA RSL SOBRE A ENERGIA EÓLICA.....	98
APÊNDICE B – SÍNTESE DA AMOSTRA FINAL DE ARTIGOS DA RSL SOBRE A ENERGIA SOLAR	103

1. INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica é essencial para a qualidade de vida e o desenvolvimento humano, mas a forma com que essa energia é gerada pode causar danos ao meio ambiente e prejudicar a vida do homem. O consumo em excesso de combustíveis fósseis, que resulta em crises ambientais, e o fato de serem recursos limitados no planeta destacam a necessidade de encontrar fontes alternativas de energia ilimitadas e limpas (QOLIPOUR *et al.* 2017).

Mohsin *et al.* (2018) argumentam que o uso de combustíveis fósseis resultará em danos irreversíveis ao meio ambiente e ressalta que diversas nações no mundo estão em esforço para fornecer energia limpa e sustentável até 2030. Segundo Serri *et al.* (2018), os benefícios de produzir eletricidade a partir de fontes de energia renováveis e reduzir emissão de gases de efeito estufa são conhecidos e promovidos desde 1997 pelo Protocolo de Kyoto.

Fontes de energia não renováveis têm sido utilizadas em grande escala no mundo e isso vem causando preocupação diante desse cenário. De acordo com a *International Energy Agency* (IEA, 2018), a eletricidade em 2016 ainda era dominada por fontes de combustíveis fósseis e o fornecimento mundial total de energia primária (TPES) aumentou quase 2,5 vezes, entre 1971 e 2016, sendo o petróleo a fonte de combustível dominante (embora tenha caído de 44% para 32% do TPES). A IEA argumenta ainda a crescente redução percentual no uso de combustíveis fósseis e percebe a tendência no crescimento da participação de energias renováveis como fonte energética no mundo, tendo o investimento nessas fontes de energia aumentado, atingindo cerca de 11% no ano de 2016.

Os recursos energéticos considerados renováveis incluem a energia solar, geotérmica, eólica, biomassa, oceânica e hidroelétrica (HEPBASLI, 2008). As energias solar e eólica são uns dos recursos que mais se destacam entre essas fontes energéticas no mundo pelos seus altos potenciais de geração elétrica, porém suas explorações em alguns países ainda são baixas. No Brasil, por exemplo, as usinas hidrelétricas têm dominância, enquanto as fontes de energia solar e eólica ainda têm uma participação muito pequena. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2017), o Brasil tem cerca 2,2% da capacidade instalada de geração elétrica no mundo e as fontes de energia solar contam com menos de 1% da matriz energética nacional, enquanto as usinas hidrelétricas e termelétricas contam com quase 90% da capacidade total instalada de geração elétrica no Brasil.

Como alternativas para suprir a demanda energética, reduzir gastos com energia e atenuar os impactos ambientais, estão os sistemas de energias renováveis e dentro desses sistemas se destacam as energias solar e eólica. De acordo com Villalva (2015), o sol é a principal fonte de energia do nosso planeta e a terra recebe uma quantidade de energia solar, em forma de luz e calor, suficiente para suprir milhares de vezes as necessidades mundiais, porém pouco dessa energia é aproveitada. Fazelpour *et al.* (2017) afirmam que a capacidade de energia eólica instalada no mundo tem crescido bastante e atingiu 432 GW em 2015, mas também argumenta que antes de instalar um parque eólico é necessário avaliar o potencial eólico, a viabilidade e custo operacional para evitar riscos de investimento e maximizar a eficiência.

A energia solar fotovoltaica é a energia produzida da conversão direta da luz em eletricidade através de células fotovoltaicas, que converte energia solar em energia elétrica

(IMHOFF, 2007). De acordo com Dutra *et al.* (2013), a energia solar destaca-se entre as outras fontes por ser autônoma, não poluir em demasia o meio ambiente, por ser uma fonte de energia inesgotável, renovável e que oferece grande confiabilidade.

Apesar das vantagens do uso de energia solar em respeito ao meio ambiente, o alto custo de investimento nessa tecnologia pode causar o desinteresse de investidores. Oliveira *et al.* (2018) afirmam que o valor do custo específico da energia fotovoltaica é mais elevado que outras fontes de energia renováveis, porém um conjunto de baterias e inversores pode auxiliar, tendo-se um ganho de escala e redução do custo específico, além de existir um enorme potencial desta fonte de energia a ser explorado. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2005), uma das restrições técnicas para a difusão de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável.

Já, de acordo com a Aneel (2008), a energia eólica é, basicamente, aquela obtida da energia cinética do vento, gerada pela migração das massas de ar provocada pelas diferenças de temperatura existentes na superfície do planeta. Segundo Martins *et al.* (2008), a energia cinética contida no vento é convertida em energia mecânica pelo giro das pás do rotor e transformada em energia elétrica pelo gerador. Para Gomes *et al.* (2014), a energia eólica é considerada uma das grandes esperanças de diversos países como meio de reduzir impactos ambientais na geração de energia elétrica, mas alguns locais não possuem condições favoráveis para a implantação de aerogeradores, devido a fatores como altitude, vento vegetação, entre outros.

Segundo Castro (2009), os custos associados à instalação de aproveitamentos eólicos dependem dos custos de instalação e do tipo de tecnologia usada, sendo, por isso, muitas variáveis em função das fundações, acessos, transporte, ligação à rede, número de turbinas, altura do rotor, tipo de gerador, sistema de controle, etc. De acordo com Oliveira *et al.* (2018), dentre as fontes alternativas de energia na matriz brasileira, a energia eólica é a que mais vem crescendo e sendo explorada, devido ao seu menor custo específico em relação às demais. Para eles, a grande desvantagem da energia eólica é que para sua instalação são necessários locais específicos que atendam a condições ótimas de geração e que compensem a instalação, além do inconveniente da frequência, velocidade e incidência dos ventos, que apresentam grande variação.

Como se pode perceber, são diversos os fatores que podem impactar na viabilidade econômica dessas energias no mundo. Diante do exposto, surge o questionamento: “quais os fatores que podem impactar na viabilidade econômica de projetos de energias eólica e solar?”.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Identificar e discutir os principais fatores de impacto em estudos de viabilidade econômica de sistemas de energias solar e eólica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar os principais artigos de viabilidade econômica de fontes de energia eólica e solar;
- Identificar e discutir fatores que afetam a viabilidade econômica de tais fontes;
- Classificar em categorias os fatores de impacto na viabilidade econômica de estudos de energia eólica e solar;
- E, por fim, fornecer uma base de dados.

1.2 JUSTIFICATIVA

Algumas barreiras são enfrentadas quando se trata de substituir a energia convencional por energia renovável, e uma das principais é a viabilidade financeira do investimento nessas tecnologias. Diversos pesquisadores falam da necessidade de se explorar fatores que possam inviabilizar um sistema de energia renovável e estudar formas de incentivo que possam facilitar a viabilização desses projetos.

Pesquisadores tentam explorar as características econômicas que afetam a eletricidade produzida e os custos totais envolvidos no desenvolvimento de sistemas de energias renováveis. Estudar essas características é importante para se ater aos principais fatores que podem colaborar ou inviabilizar um projeto (JIE *et al.* 2018). Por esses motivos, conhecer os parâmetros que podem ser considerados de risco nesse tipo de análise é de grande interesse acadêmico e dos investidores, reconhecendo o poder energético das fontes de energia solar e eólica e a necessidade de se investir em fontes alternativas de energia.

Diversos são os fatores que podem influenciar na viabilidade econômica de energias renováveis no mundo e os pesquisadores estão atentos ao que pode facilitar ou dificultar o uso desse tipo de energia. De acordo com Karimi *et al.* (2019), a implementação de sistemas fotovoltaicos no telhado, por exemplo, pode ser economicamente viável, porém os sistemas não oferecem nenhum grande benefício econômico, por isso recomendam uma política de incentivo onde os proprietários possam vender a eletricidade gerada pelos sistemas fotovoltaicos ao governo. Viana *et al.* (2019) afirmam que o custo de investimento inicial em sistemas de geração solar fotovoltaica é alto e isso dificulta o acesso a curto prazo, sendo necessárias políticas aprimoradas para incentivar essa geração de energia.

Para Blanco (2009), o custo de investimento inicial da turbina eólica junto à conexão de rede e obras civis representam até 80% do custo total do investimento e está entre os fatores mais influentes, assim como o fator de capacidade (eficiência) da turbina. De acordo com Rocha *et al.* (2018), o custo de investimento nas turbinas também é o fator que mais influencia na viabilidade econômica de projetos de energia eólica, seguido de fatores como a velocidade do vento e o preço da energia. Para Glassbrook *et al.* (2014), do ponto de vista ambiental, há muitas vantagens na implementação de turbinas eólicas. Porém o alto custo de investimento dificulta o interesse das pessoas, com isso ele ressalta a importância de incentivos do governo, e além disso, a quantidade de energia gerada é muito importante para tornar o investimento viável financeiramente e isso depende muito da variação do vento local. De acordo com Tervo *et al.* (2018), a adição de armazenamento de energia por baterias é um fator que otimiza os sistemas

de energias renováveis e, para os locais estudados, representou um ganho substancial na utilização de eletricidade do sistema.

Embora o número de trabalhos sobre estudos de viabilidade econômica em energias renováveis tenha aumentado no mundo, poucos são os autores que exploram os fatores de impacto na economia desses sistemas, mesmo sendo evidente a importância de conhecê-los. Sendo assim, esse estudo buscará identificar, através dos principais parâmetros de impacto, de que forma a geração de energia solar e eólica pode se tornar um investimento viável.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação foi estruturada e dividida em quatro capítulos. O capítulo 1 trouxe a introdução, contextualizando o tema do trabalho, definindo o objetivo principal e os objetivos específicos e abordando as justificativas para a pesquisa. O capítulo 2 apresentará a metodologia utilizada, apontando os principais procedimentos metodológicos usados para atingir o objetivo da pesquisa. O capítulo 3 será referente aos resultados e discussões, sendo este capítulo subdividido em 2 seções: a primeira sobre a análise dos fatores de impacto na viabilidade econômica de energia eólica, explorando os fatores de impacto identificados na literatura; e a segunda sobre a análise dos fatores de impacto na viabilidade econômica de energia solar, explanando os parâmetros identificados. E, por fim, o capítulo 4 trará as principais conclusões referentes ao trabalho e sugestões para pesquisas futuras.

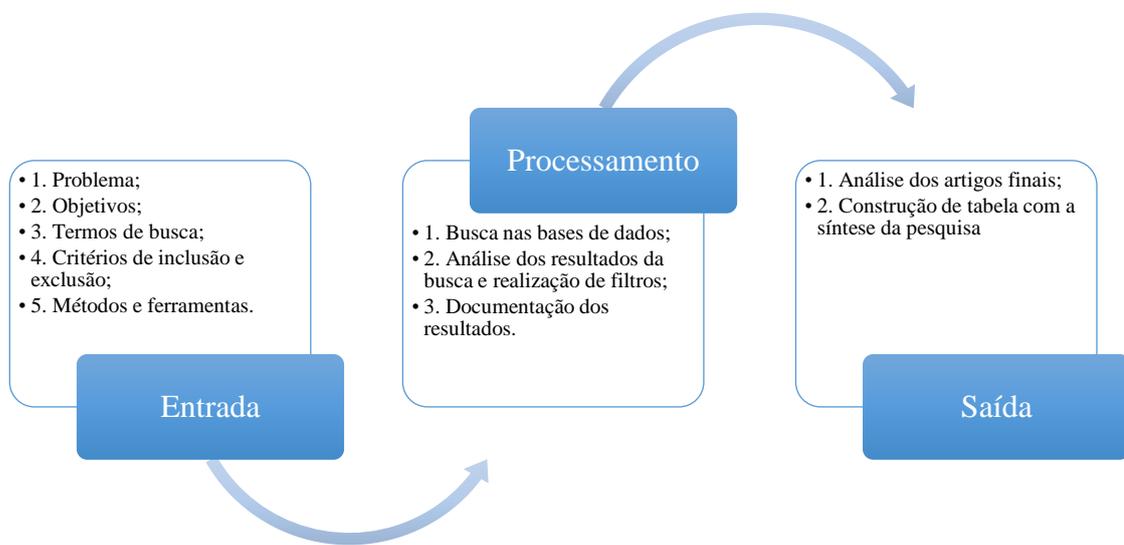
2. METODOLOGIA

Neste trabalho, a revisão sistemática da literatura foi utilizada a fim de auxiliar na busca e agrupamento de artigos e revisões de pesquisa que tratassem da viabilidade econômica de energias eólica e solar no mundo. Hart (1998) afirma que descobrir o que já é conhecido se faz necessário antes de se iniciar qualquer estudo de pesquisa. Segundo Webster e Watson (2002), uma revisão de literatura relevante anterior é uma característica essencial a qualquer projeto acadêmico, e uma revisão efetiva da literatura é aquela que cria uma base sólida para o avanço do conhecimento, facilita o desenvolvimento de teorias, fecha áreas onde existe uma infinidade de pesquisas e descobre áreas onde a pesquisa é necessária. Para Okoli e Schabram (2010), um dos propósitos das revisões da literatura é fornecer uma base teórica para pesquisas seguintes e aprender a amplitude da pesquisa sobre um tópico de interesse. Rowley e Slack (2004) argumentam que a construção de uma bibliografia é um processo contínuo desde o início da pesquisa bibliográfica até a conclusão da revisão bibliográfica.

Nesta pesquisa, o processo de uma RSL foi utilizado com o objetivo de reunir uma quantidade amostral de trabalhos sobre a viabilidade econômica de investimentos em energia eólica e sobre a viabilidade econômica da energia solar no mundo, a fim de investigar e analisar os manuscritos identificando parâmetros que possam impactar de alguma maneira na viabilidade econômica desses sistemas de geração energética. Neste estudo foram realizados dois processos de RSL, sendo o primeiro para reunir trabalhos sobre o tema de energia eólica e o segundo para reunir trabalhos sobre a energia solar.

Levy e Ellis (2006) classificam a revisão da literatura como um processo sistemático dividido basicamente em três etapas: Entrada, Processamento e Saída. Adaptando o modelo desenvolvido pelos autores, para a RSL desta pesquisa, tem-se o processo em três fases: (i) o processo de entrada - onde são definidos o problema de pesquisa, os objetivos, os termos de busca, os critérios de inclusão ou de exclusão de manuscritos, os métodos e ferramentas a serem utilizados; (ii) a etapa de processamento - onde será realizada a busca de trabalhos nas bases de dados definidas, a análise dos resultados da busca, aplicação de filtros desejados para refinar a busca e a documentação dos resultados; (iii) e por último a fase de saída – aqui será feita a análise dos artigos finais da busca e construída de uma tabela de amostra final com a síntese da pesquisa realizada. A Figura 1 mostra o modelo adaptado da condução da RSL em três etapas.

Figura 1 - Modelo de condução da RSL em três etapas



Fonte: adaptado de Levy e Ellis (2006).

2.1 RSL SOBRE A PERSPECTIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE ENERGIA EÓLICA

O primeiro processo de RSL desta pesquisa consistiu em reunir estudos sobre a viabilidade econômica na geração de energia eólica. As três fases da revisão foram seguidas e são mostradas a seguir.

2.1.1 Fase de entrada – Energia eólica

Esta fase consiste na construção do planejamento da RSL. O primeiro passo foi a definição do problema a ser estudado: “Quais são os fatores que exercem influência em estudos de viabilidade econômica da energia eólica?”

Junto à definição do problema, foram alinhados os objetivos da pesquisa: Identificar artigos científicos que abordam o tema de viabilidade econômica em energia eólica e, nestes, verificar os fatores/ variáveis que impactam financeiramente, segundo os autores.

Seguindo nas etapas da fase de entrada, foram definidos os termos de busca. No início da revisão, realizou-se uma busca de manuscritos focados no tema da problemática deste estudo, identificando as principais palavras-chave que seriam, posteriormente, utilizadas na pesquisa de artigos e revisões nas bases de dados.

Nesta pesquisa, a única base de dados selecionada foi a *Web of Science* (WoS), por ser vista como uma base de dados confiável e com trabalhos relevantes e de qualidade publicados em periódicos de impacto na literatura. O WoS inclui mais de 10.000 revistas e compreende sete bancos de dados de citações diferentes, incluindo informações diferentes coletadas de periódicos, conferências, relatórios, livros e séries de livros. Como o WoS é o banco de dados de citações mais antigo, ele tem uma forte cobertura com dados de citações e dados bibliográficos e tem a maior profundidade e maior qualidade (CHADEGANI *et al.* 2013).

Foram realizadas duas buscas com os mesmos termos, alternando o local de estrutura nos quais estes termos deveriam ser encontrados nos trabalhos (entre os títulos ou os tópicos dos trabalhos). Os termos de busca utilizados estão apresentados no Quadro 1 a seguir. A última busca desta RSL foi realizada na base de dados em 31 de janeiro de 2020, incluindo todos os trabalhos encontrados até o ano de 2019.

Quadro 1: Termos de busca da RSL sobre energia eólica

Pesquisa	Termos de busca	Localização na estrutura
Pesquisa 1	<p>“<i>economic feasibility</i>” ou “<i>economic assessment</i>” ou “<i>economic viability</i>”)</p>	Título E Tópico
Pesquisa 2	<p>E (“<i>wind energy</i>” ou “<i>wind risk</i>” ou “<i>wind power</i>”)</p>	Tópico E Título

Fonte: autoria própria

Com os termos de busca definidos, determinou-se critérios de inclusão e/ou exclusão a fim de refinar e melhorar a amostra, focando no objetivo deste trabalho. Os principais critérios de inclusão de trabalhos na amostra foram definidos como:

- a) Pesquisas aplicadas ao contexto mundial;
- b) Pesquisas em formato de artigos e revisões, por fornecerem maior acessibilidade e difusão do conteúdo para a comunidade acadêmica e profissional;
- c) Disponibilidade de acesso ao conteúdo completo;
- d) Literatura focada na avaliação econômica de energia eólica;
- e) Trabalhos disponíveis na língua inglesa;

- f) Trabalhos que não foram encontrados na busca, mas são considerados importantes para a pesquisa.

No que se refere à exclusão dos trabalhos na amostra, os principais critérios usados foram:

- Falta de acesso ao conteúdo completo;
- Duplicidade de trabalhos;
- Trabalhos disponíveis apenas em idiomas diferentes do inglês;
- Pesquisas com temas que fogem do objetivo deste trabalho.

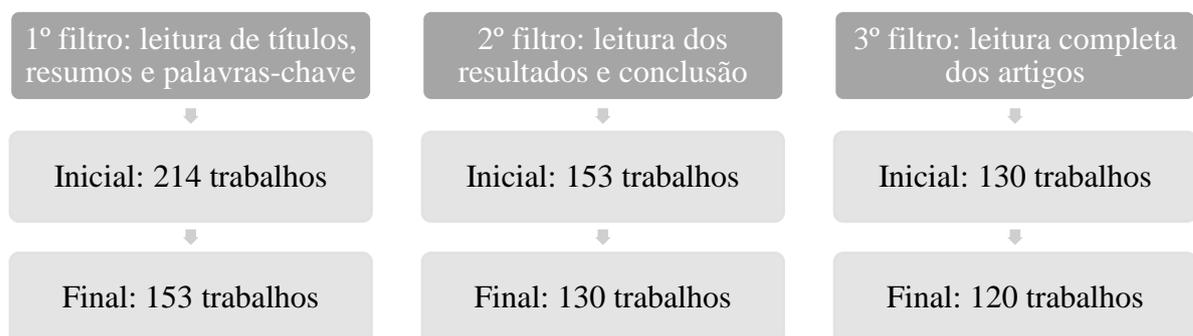
Ainda durante a fase de entrada, foram determinadas as principais ferramentas e procedimentos metodológicos a serem aplicados no refinamento da pesquisa. Foi usada a base de dados *Web of Science* para obtenção dos manuscritos, o software bibliométrico *VOSviewer* para análise de rede de dados, e o Microsoft Excel para trabalhar e sintetizar os resultados e informações e na elaboração de gráficos de análise do conteúdo.

2.1.2 Fase de processamento – Energia eólica

Nesta fase foi realizada a busca na base de dados, selecionando os filtros que poderiam melhorar essa busca, de acordo com o tema a ser estudado. O único filtro usado nos trabalhos encontrados foi para selecionar aqueles disponíveis em formato de artigos e revisões. No resultado da pesquisa, após os filtros, o número da amostra ficou em 219 manuscritos.

Da amostra de 219 manuscritos, por critérios de exclusão, restaram 214 trabalhos. Os artigos que restaram foram submetidos à leitura, a fim de refinar ainda mais essa pesquisa. A Figura 2 mostra uma síntese da filtragem dos artigos dessa revisão após leituras, identificando o número de artigos em cada etapa.

Figura 2 – Síntese da filtragem dos artigos da primeira RSL após leitura



Fonte: autoria própria

Na Figura 2 verifica-se que inicialmente tínhamos 214 artigos na busca, no entanto após a leitura de títulos, resumos e palavras-chave essa busca foi reduzida para 153 trabalhos, pois verificou-se que alguns dos temas tratados nos trabalhos fugiam do objetivo desta pesquisa, analisando fontes de energia diferentes da eólica ou trabalhos que não tratavam do estudo de viabilidade econômica.

Na segunda etapa de leitura foi dada atenção aos resultados e conclusão, pois era neles que se encontrava a análise econômica com mais ênfase, podendo verificar se os manuscritos de fato analisavam os fatores de impacto de acordo com o esperado. Nesta etapa a amostra diminuiu de 153 para 130 trabalhos, pois alguns dos trabalhos foram excluídos da amostra por não apresentarem os fatores de impacto na economia ou por não deixar claro a forma como os fatores influenciavam na viabilidade econômica.

Na etapa final de leitura, os trabalhos foram submetidos à leitura completa e, após concluída, a amostra final ficou com um número de 120 manuscritos.

Após as etapas de leitura e a seleção final dos artigos, ficou definida a amostra de trabalho a ser analisada nesta pesquisa, com 120 manuscritos. Com a amostra definida, os artigos foram separados e documentados para a realização do estudo, realizando anotações necessárias e guardando as informações avaliadas como importantes que caracterizam os trabalhos, a fim de atingir o objetivo da pesquisa ao final.

2.1.3 Fase de saída – Energia eólica

Esta é a fase de síntese e análise dos resultados da pesquisa. Nesta fase todos os artigos da amostra final do primeiro processo de RSL foram analisados e apresentados em uma tabela (ver Apêndice A).

2.2 RSL SOBRE A PERSPECTIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE ENERGIA SOLAR

Esta seção trata do segundo processo de RSL do trabalho proposto. Semelhante ao primeiro processo de RSL, este processo consistiu em reunir artigos que discutem a viabilidade econômica de energia solar. As três fases da revisão foram seguidas e são mostradas a seguir.

2.2.1 Fase de entrada – Energia solar

Nesta primeira etapa, a definição do problema de pesquisa foi responder à questão: “Quais são os fatores que exercem influência em estudos de viabilidade econômica da energia solar?”

Na sequência os objetivos da pesquisa foram definidos: localizar e agrupar trabalhos sobre o tema de viabilidade econômica em energia solar e identificar neles os fatores que podem ter impacto na viabilidade financeira.

Assim como no processo de RSL da energia eólica, a única base de dados utilizada aqui foi a *Web of Science*.

Por perceber resultados de busca diferentes, foram feitas duas pesquisas utilizando os mesmos termos de busca definidos na fase de entrada, alternando-se apenas o local da estrutura nos quais estes termos deveriam ser encontrados nos artigos (nos títulos ou nos tópicos dos estudos). O Quadro 2 a seguir apresenta os termos de busca que foram definidos e usados na

base de dados. A última busca realizada nesta RSL na base de dados foi feita em 18 de janeiro de 2020.

Quadro 2: Termos de busca da RSL sobre energia solar

Pesquisa	Termos de busca	Localização na estrutura
Pesquisa 1	<p>“<i>economic feasibility</i>” ou “<i>economic assessment</i>” ou “<i>economic viability</i>”)</p>	Título E Tópico
Pesquisa 2	<p>E “<i>solar energy</i>” ou “<i>solar power</i>” ou “<i>photovoltaic</i>”)</p>	Tópico E Título

Fonte: autoria própria

Depois que os termos de busca foram determinados para a pesquisa na base de dados, os mesmos critérios de inclusão e/ou exclusão da primeira RSL foram aplicados para refinar e melhorar a amostra, focando no objetivo desta pesquisa.

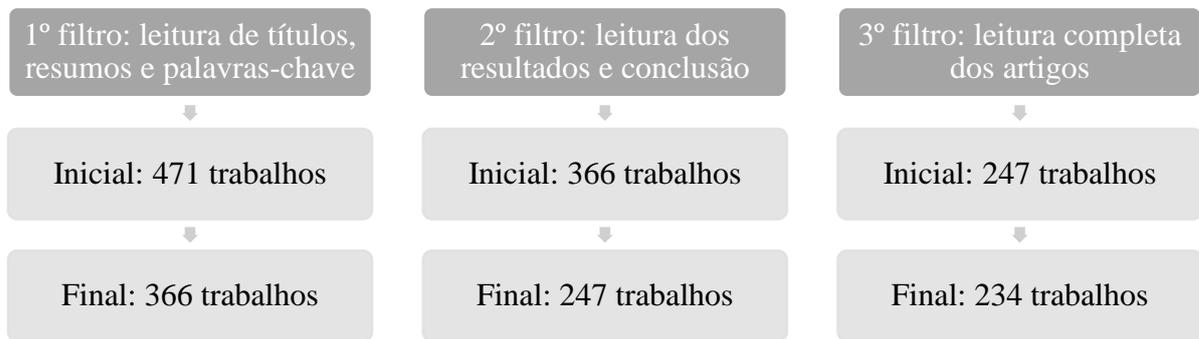
Por fim, assim como no primeiro processo de RSL, as principais ferramentas e metodologias utilizadas no refinamento da pesquisa foram definidas. A base de dados *Web of Science* (WoS) foi utilizada para a obtenção dos manuscritos, o *software* bibliométrico *VOSviewer* foi usado para a análise de rede de dados, e o Microsoft Excel foi a ferramenta utilizada para trabalhar na síntese dos resultados e informações e na elaboração de gráficos de análise do conteúdo.

2.2.2 Fase de processamento – Energia solar

A busca na base de dados foi efetivamente realizada nesta fase, utilizando os termos de busca definidos na fase anterior e se aplicando os filtros que poderiam melhorar essa busca, de acordo com o tema deste trabalho. O único filtro usado nesta busca dos trabalhos encontrados diz respeito ao formato destes manuscritos, para selecionar apenas aqueles disponíveis em formatos de artigos ou revisões, por serem formatos mais adequados e relevantes para esta pesquisa. No resultado da busca, após a aplicação dos filtros, o número da amostra inicial foi de 485 trabalhos.

Com o resultado da amostra inicial, seguiu-se a fase de processamento com a aplicação dos critérios de inclusão e/ou exclusão que foram definidos no início, para melhorar ainda mais a amostra de trabalhos. De acordo com a aplicação destes critérios, da amostra inicial de 485 restaram 471 trabalhos. Os artigos que restaram na amostra foram então submetidos à leitura, a fim de refinar ainda mais a busca através do estudo dos manuscritos. A Figura 3 apresenta um resumo das etapas de leitura dos artigos dessa revisão, mostrando o número de artigos restantes após cada etapa.

Figura 3 – Síntese das etapas de leitura dos artigos da segunda RSL



Fonte: autoria própria

Na Figura 3 verifica-se que a princípio tínhamos 471 artigos na busca, mas depois da leitura de títulos, resumos e palavras-chave esse número foi reduzido para 366 artigos, pois alguns dos temas tratados nos manuscritos encontrados inicialmente estavam fora do escopo desta pesquisa.

Seguindo na leitura dos estudos, na segunda etapa foram lidos os resultados e conclusões por resumir e apresentar os principais conteúdos dos manuscritos, na qual se poderia verificar se os manuscritos de fato tratavam da viabilidade econômica de energia solar e analisavam os fatores de impacto de acordo com o esperado. Nesta etapa a amostra diminuiu de 366 para 247 artigos.

Na última etapa de leitura, os trabalhos restantes da amostra foram submetidos à leitura completa e, após concluída, a amostra final do trabalho ficou definida com um número de 234 manuscritos.

Finalizada a etapa de leitura dos artigos e revisões, a amostra final desta pesquisa ficou definida com um número de 234 manuscritos. Com essa amostra definida, os trabalhos foram separados e documentados para a realização final do estudo, separando informações e anotações necessárias que foram avaliadas como importantes para a caracterização dos estudos, a fim de atingir o objetivo da pesquisa ao final.

2.2.3 Fase de saída – Energia solar

Nesta fase foi feita a síntese e análise dos resultados da pesquisa. Aqui todos os artigos da amostra final do segundo processo de RSL foram analisados e sintetizados em uma tabela (ver Apêndice B).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as análises e discussões dos fatores de impacto identificados nos processos de RSL, exibindo os principais resultados das análises das buscas, discutindo as principais informações e características dos trabalhos das amostras, a fim de

conhecer o perfil dos trabalhos pelo número de citações e relevância na literatura, o ano em que foram publicados e os locais onde foram feitos os estudos. Além disso, também serão mostradas e analisadas as principais palavras-chave utilizadas nas pesquisas da amostra. Ao final, como objetivo principal deste trabalho, os fatores de impacto identificados na amostra final serão apresentados, discutidos e classificados em categorias, de acordo com o ponto de vista ao qual se enquadram.

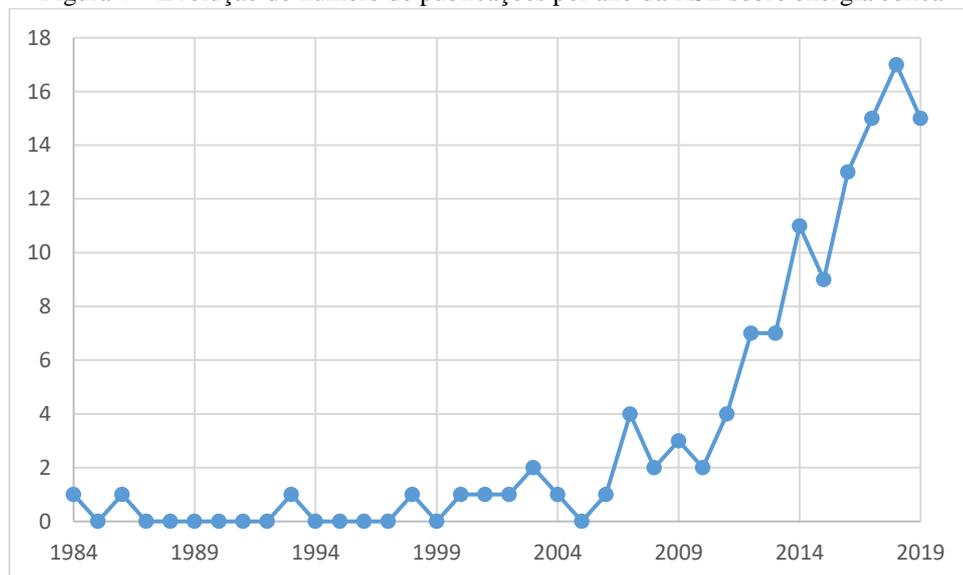
3.1 ANÁLISE DE FATORES DE IMPACTO NO INVESTIMENTO DE ENERGIA EÓLICA

Da amostra de trabalhos da RSL sobre energia eólica, 120 estudos foram analisados. Nesta seção será exposta a análise da amostra final e, por fim, serão discutidos os parâmetros identificados como fatores de impacto na viabilidade econômica de energia eólica.

3.1.1 Caracterização da amostra final

Ano de publicação: O primeiro artigo encontrado na pesquisa foi publicado no ano de 1984 e até meados de 2010 se nota que não havia muito estudo em viabilidade econômica de energia eólica, porém observa-se um crescimento de publicações na última década. Isso reflete o interesse cada vez maior por fontes de energia renovável, em especial a energia eólica. A Figura 4 apresenta um gráfico da evolução de trabalhos publicados ao longo dos anos.

Figura 4 – Evolução do número de publicações por ano da RSL sobre energia eólica



Fonte: autoria própria

Local de publicação: Foi observado que o local de estudo da viabilidade econômica em energia eólica tem influência no resultado da avaliação, pois fatores como velocidade do vento, custo de eletricidade, políticas públicas, entre outros que dependem do local, têm um grande alcance no impacto econômico desses estudos. Por esse motivo, torna-se importante conhecer os principais locais onde esses trabalhos estão sendo realizados. A Figura 5 apresenta um mapa de localização, nela se observa um maior número de publicações no Brasil, o que era esperado visto que foram incluídos artigos importantes de origem brasileira na busca inicial da amostra.

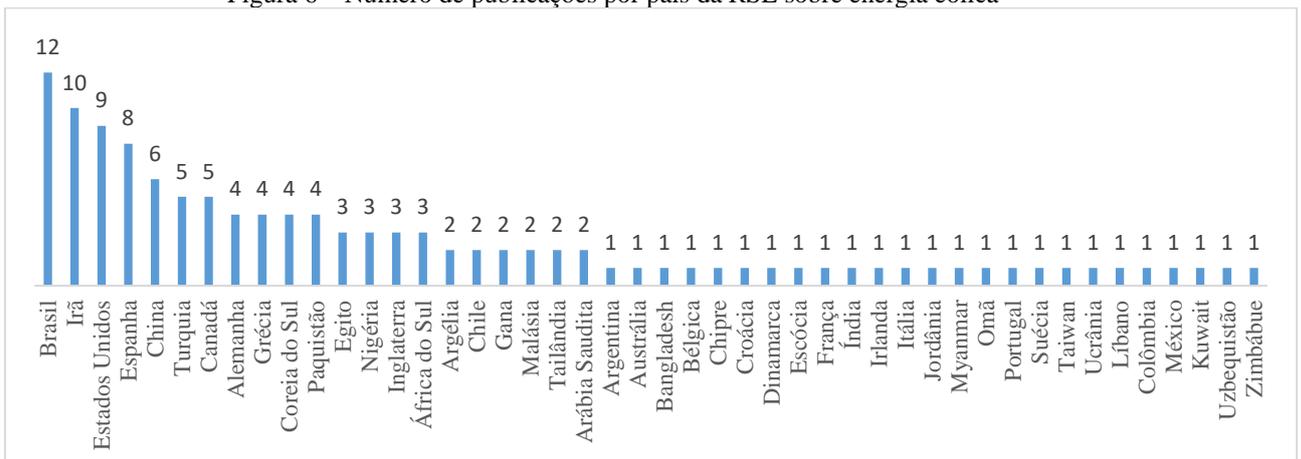
Além do Brasil, nota-se interesse nesse tipo de estudo em regiões como o Irã, com 10 publicações na amostra, Estados Unidos com 9 publicações, na Espanha com 8 publicações, na China com 6 publicações, e em países como Turquia e Canadá que aparecem com 5 publicações cada. Além destes, outros países aparecem na amostra com um número de 1 a 4 publicações, totalizando 46 países de publicações (ver Figura 6). Observa-se também uma concentração em países da Europa e na região sul da Ásia, isso ocorre pela dependência desses países por fontes de energia como o petróleo, cada vez mais escasso e a preços elevados, e também pela alta demanda energética destes países e a necessidade de atender essa demanda e reduzir os impactos ambientais.

Figura 5 – Mapa de localização de publicações da amostra da RSL sobre energia eólica



Fonte: autoria própria

Figura 6 – Número de publicações por país da RSL sobre energia eólica



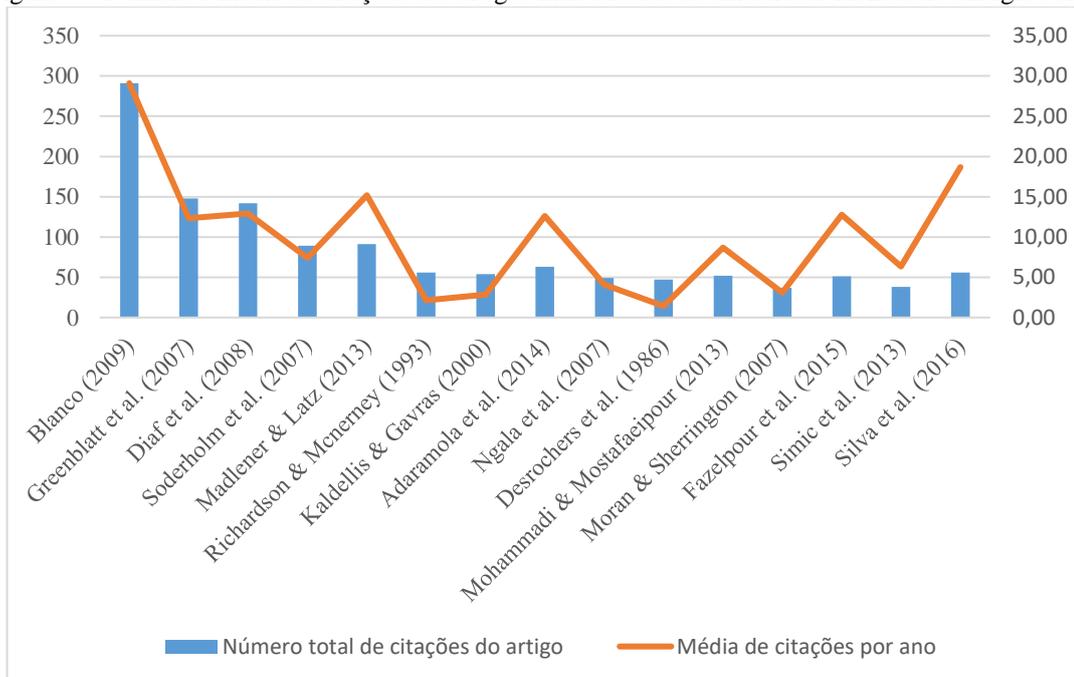
Fonte: autoria própria

Número de citações: O número de citações de cada trabalho mostra a relevância que eles têm na literatura e o interesse em estudos no tema desta pesquisa. A Figura 7 mostra os 15 artigos mais citados da amostra, com os trabalhos com mais de 30 citações no total, nela se pode observar que trabalhos realizados antes de 2010 ainda têm grande relevância na literatura.

Referências como Blanco (2009), Greenblatt *et al.* (2007) e Diaf *et al.* (2008) aparecem com mais de 100 citações, sendo as publicações com maior número de citações da amostra.

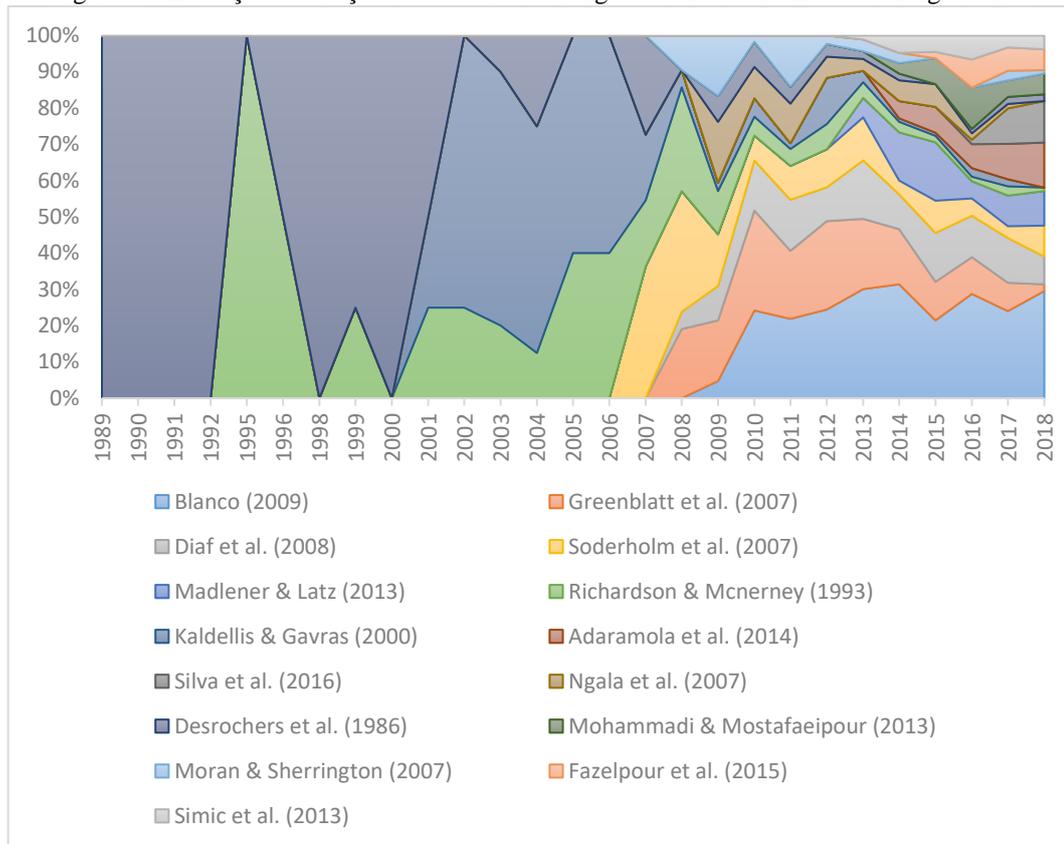
Além disso, a importância dos trabalhos na literatura pode ser observada pela média de citações por ano destes trabalhos, que reflete a intensidade com que estes manuscritos estão impactando na literatura. Como exemplo, trabalhos mais recentes como os de Madlener e Latz (2013), Adaramola *et al.* (2014), Mohammadi e Mostafaeipour (2013), Fazelpour *et al.* (2015) e Da Silva *et al.* (2016), apesar de terem um número não muito grande no total de citações, surgem com uma média alta, o que revela que estes trabalhos têm tido grande importância na literatura recente. A Figura 8 ilustra a evolução de citações dos 15 trabalhos mais citados da amostra ao longo do tempo, nela pode-se observar que trabalhos mais antigos como o de Desrochers *et al.* (1986), que era praticamente o único citado no início, vem sendo menos citado à medida que novos trabalhos vão surgindo e ganhando espaço na literatura a respeito do tema, como também se pode observar que a literatura mais recente está cada vez mais explorando novos e variados trabalhos, com isso surge uma concorrência maior em citações conforme os anos passem.

Figura 7 – Número e média de citações dos artigos mais citados da amostra da RSL sobre energia eólica



Fonte: autoria própria

Figura 8 – Evolução de citações dos autores ao longo dos anos da RSL sobre energia eólica



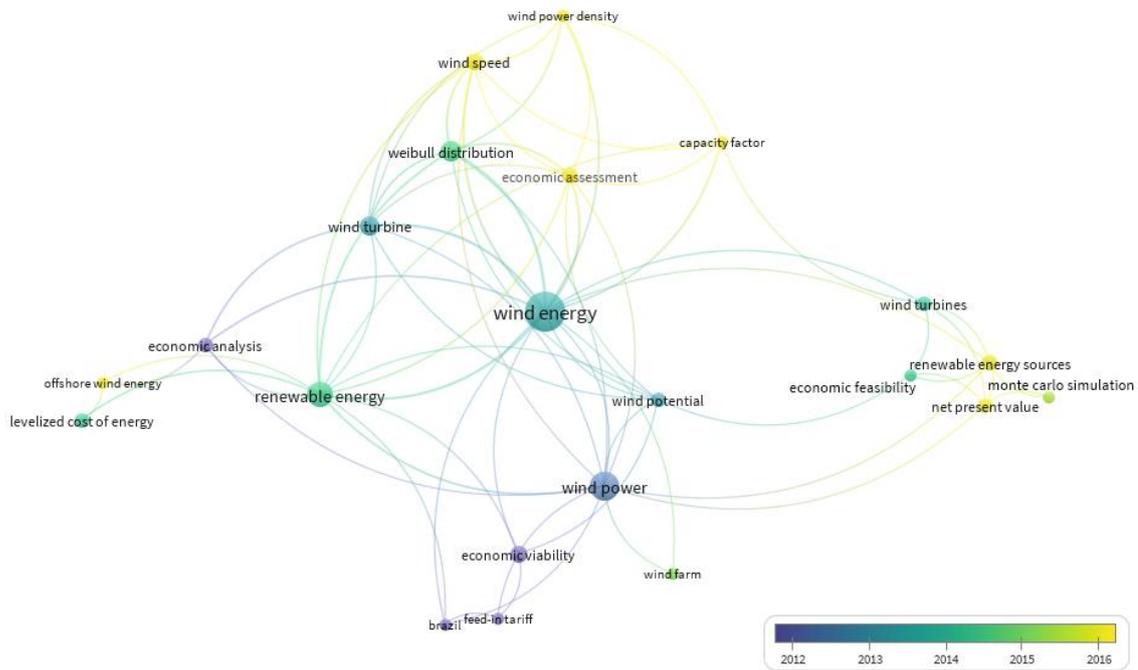
Fonte: autoria própria

3.1.2 Análise de rede de dados

Com o uso do *VOSviewer*, foi feita uma análise de rede dos dados da amostra para as principais palavras-chave, a fim de observar quais os principais termos usados na busca destes trabalhos e as ligações entre eles. Para esta análise foi criado um mapa baseado nos dados bibliográficos, selecionando os dados da amostra final dos 120 trabalhos. O tipo de análise selecionado foi de “*co-ocorrência*”, o método de contagem “*full counting*” e a unidade de análise “*author keywords*”. Optou-se por um mínimo de ocorrências de palavras-chave igual a 3, para que o mapa mostre todos os termos que aparecem em pelo menos 3 trabalhos. Ao final da análise, foram identificadas 22 palavras-chave e o mapa de dados foi criado no modo “*overlay visualization*”, onde é possível analisar a evolução dos termos utilizados ao longo dos anos (ver Figura 9).

Pode-se perceber que o termo “*wind energy*” é o que aparece com mais frequência, o que já era esperado, pois este foi um dos principais termos usados na busca desta pesquisa. Além disso, também é possível notar que termos mais recentes estão sendo utilizados, como “*wind speed*”, “*wind power density*”, “*net present value*” e “*offshore wind energy*”, enquanto termos como “*economic analysis*” e “*economic viability*” foram utilizados na literatura mais antiga e não aparecem mais com tanta frequência, o que significa que estão sendo menos usados atualmente na literatura.

Figura 9 – Mapa de dados bibliográficos das principais palavras-chave da RSL sobre energia eólica



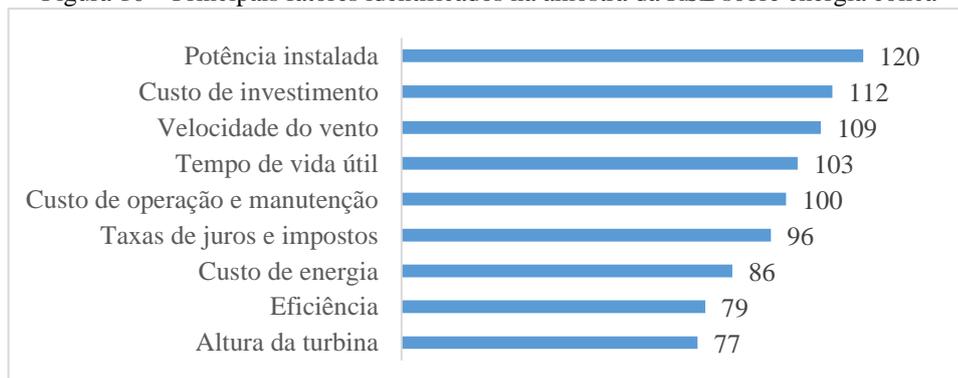
Fonte: autoria própria

3.1.3 Fatores de impacto identificados

Na RSL realizada foram encontrados 23 parâmetros vistos como fatores de impacto na viabilidade econômica de energia eólica. O Apêndice A apresenta as referências utilizadas para identificação destes parâmetros.

A potência instalada, o custo de investimento, a velocidade do vento, o tempo de vida útil e o custo de operação e manutenção foram os fatores mais recorrentes que apareceram nos trabalhos. Além dos fatores mais citados é importante também dar atenção ao surgimento de outros fatores, a fim de decidir quais deles merecem ser avaliados para cada caso de estudo. A Figura 10 mostra graficamente os principais fatores e nela pode-se observar que a potência instalada foi o fator mais citado, presente em todos os 120 trabalhos da amostra, seguido de custo de investimento, velocidade do vento, tempo de vida útil e o custo de operação e manutenção, que são citados 112, 109, 103 e 100 vezes, respectivamente.

Figura 10 – Principais fatores identificados na amostra da RSL sobre energia eólica



Fonte: autoria própria

Os fatores identificados foram classificados de acordo com o ponto de vista onde se enquadram, como fatores de localização, econômicos, políticos, climáticos e ambientais, e fatores técnicos. Rediske *et al.* (2018) argumentam que os fatores para tomada de decisão na instalação de projetos de energia renovável podem ser agrupados em seis pontos de vista: (i) socioambiental; (ii) localização; (iii) econômico; (iv) político; (v) clima; e (vi) orografia. Nesta pesquisa, de acordo com os fatores aqui identificados, quatro destes pontos de vista foram considerados na classificação, além disso foi incluído o ponto de vista técnico. O Quadro 3 apresenta os fatores de impacto identificados, a classificação em que se enquadram e as referências onde eles foram encontrados.

Quadro 3: Fatores identificados nas referências da RSL sobre energia eólica

Classificação	Fatores	Referências	Total de referências
Localização	Rugosidade do terreno	2, 10, 13, 18, 19, 23, 25, 30, 32, 36, 39, 40, 42, 75, 91, 96, 101, 112, 117	19
	Localização da turbina	10, 12, 13, 16 – 20, 22, 23, 25, 26, 62, 64, 71, 75, 76, 80, 83, 99, 104, 108, 112, 114 – 117	27
Econômico	Custo de investimento	1 – 4, 6 – 30, 32 – 58, 60 – 66, 68, 70 – 101, 103, 105 – 118, 120	112
	Custo de operação e manutenção	1 – 4, 6, 8 – 14, 16 – 20, 22 – 26, 29, 30, 32, 33, 35 – 56, 58, 60 – 66, 68, 70, 71, 73 – 83, 85 – 91, 93 – 96, 99 – 101, 103, 105 – 112, 114 – 116, 118 – 120	100
	Custo da energia	1, 3, 5, 8, 10 – 12, 14, 17, 20 – 22, 24 – 26, 28 – 30, 32 – 34, 36, 38 – 42, 44 – 48, 50 – 54, 56 – 59, 61 – 63, 66 – 69, 72, 74 – 76, 79, 80, 82 – 85, 87, 88, 90 – 101, 104, 108 – 114, 117 – 120	86
	Custo de depreciação	2, 8, 9, 12, 21, 22, 30, 32, 35, 36, 41, 43, 52, 56, 78, 84, 85, 88, 90, 100, 107, 109, 118	23
	Aluguel de terra	4, 6, 36, 43, 50, 52, 58, 62, 64, 70, 75, 83, 96, 107, 109, 111	16
Político	Taxas de juros e impostos	2 – 4, 6 – 8, 10 – 12, 14 – 27, 29, 30, 32, 34 – 51, 53 – 56, 58, 60 – 66, 68, 70, 71, 73 – 76, 78, 80 – 91, 94, 96, 97, 99 – 101, 103, 106 – 112, 114 – 118, 120	96
	Preço de venda da energia	1 – 3, 7 – 9, 11, 16, 17, 21, 26, 28, 30, 32, 34, 37, 39, 41 – 43, 47, 48, 50, 59, 60, 62 – 64, 68 – 70, 73, 78, 79, 83, 84, 86, 87, 92, 93, 96, 99, 108, 110, 114 – 116	47
	Taxa de inflação	2, 6, 7, 12, 18, 19, 23, 30, 34, 39, 41, 43, 46, 47, 50, 54, 60, 62, 63, 65, 71, 74, 79, 81 – 84, 87, 89 – 91, 93, 94, 103, 109 – 111, 114 – 116	40
	Condições de financiamento	6, 7, 11 – 13, 15, 17, 21, 23, 28, 30, 32, 36, 43, 49, 50, 71, 76, 78, 79, 83 – 85, 89, 90, 93, 96, 97, 100, 108 – 111, 113 – 115	36
Climático e ambiental	Velocidade do vento	1 – 5, 7 – 48, 50 – 72, 74 – 83, 85 – 87, 90 – 93, 95 – 101, 102 – 106, 109 – 115, 118 – 120	109
	Densidade do ar	2, 4, 7, 8, 10, 13, 17 – 21, 23 – 26, 29 – 35, 38, 40 – 44, 50, 52 – 54, 58 – 60, 70, 71, 75, 79, 81, 82, 87, 102, 104, 109, 112, 118 – 120	49
	Temperatura	1, 4, 9, 10, 13, 14, 18, 23, 30, 32, 34, 38, 40 – 42, 44, 53, 70, 71, 75, 105, 112, 119	23
	Pressão atmosférica	1, 4, 10, 18, 24, 25, 38, 40 – 42, 44, 53, 70, 71	14
Técnico	Altura da turbina	2 – 5, 8, 10, 12 – 20, 23 – 25, 27, 29 – 36, 38 – 48, 50 – 54, 58 – 63, 65, 68, 71, 72, 75, 76, 79 – 83, 85, 86, 91, 93, 96, 99, 100, 102 – 104, 106, 108 – 113	77
	Potência instalada	1 – 120	120

	Tempo de vida útil	1 – 10, 12 – 14, 16 - 30, 32 - 56, 60 - 66, 68, 70, 71, 73 - 78, 80 - 83, 85 – 88, 90, 91, 93 - 101, 103, 105 - 118	103
	Eficiência	1, 2, 4 - 9, 13, 14, 16 - 25, 27, 29 - 35, 37, 38, 40 - 42, 44, 45, 49, 52 - 54, 58 - 60, 62 - 67, 69 - 71, 73, 75 - 78, 80, 81, 83, 86, 88 - 90, 92, 94, 95, 98 - 100, 104, 106, 107, 109 - 111, 115, 116, 118, 120	79
	Diâmetro do rotor	2, 4, 7, 8, 10, 12 - 17, 21, 24, 25, 29 - 32, 34, 35, 38 - 46, 48, 50 - 52, 54, 58 - 63, 65, 68, 70, 71, 74 - 76, 80, 81, 83, 86, 99, 103, 109, 111, 120	56
	Tempo de operação	6, 8, 9, 11, 25, 34, 43, 48 - 50, 56, 66, 69, 71, 74, 83, 92, 95, 96, 102, 105, 109, 112, 119, 120	25
	Número de lâminas da turbina	14, 17, 26, 63, 70, 111, 118, 120	8
	Tempo de construção	36, 85, 107, 109, 115	5

Fonte: autoria própria

É possível perceber a variedade de estudos sobre viabilidade econômica em energia eólica através deste Quadro 3, pela quantidade de fatores identificados e as diferentes referências onde são encontrados. A seguir, os 23 parâmetros serão explorados de acordo com suas classificações.

3.1.3.1 Fatores de localização

A classe de localização refere-se basicamente à localização geográfica onde os sistemas de energia eólica são instalados e os fatores classificados nesta classe sofrem alteração de algum modo de acordo com essa localidade. Os parâmetros classificados dentro dessa categoria são a rugosidade do terreno e a localização da turbina.

Rugosidade do terreno

A rugosidade é vista como um fator importante na análise de viabilidade de projetos eólicos. Alguns autores argumentam que os ventos são muito influenciados pela rugosidade do terreno. Para Mohsin *et al.* (2018), o comprimento da rugosidade está relacionado com a altura de deslocamento e a altura de deslocamento é a altura sobre os elementos de rugosidade onde existe fluxo livre.

Ao se estimar o valor da velocidade média do vento, alguns pesquisadores utilizam o valor de comprimento de rugosidade (geralmente medida em metros de comprimento), expressa em relação inversamente proporcional à velocidade do vento, ou seja, quanto maior a rugosidade, menor a velocidade do vento e, portanto, menor a probabilidade de viabilidade do sistema eólico. Ramadan (2017) fala que a velocidade do vento e a densidade de potência são muito influenciadas pela rugosidade, em sua pesquisa utilizou-se a velocidade do vento média para diferentes alturas da turbina com diferentes comprimentos de rugosidade.

Mattar e Guzman-Ibarra (2017) analisaram a rugosidade do terreno como fator de impacto na velocidade do vento e apresentaram gráficos de variação de potência de energia variando de acordo com o comprimento da rugosidade da superfície. Para estes autores o comprimento de rugosidade da superfície deve ser estimado de acordo com o tipo de superfície que se encontra no local da instalação.

Localização da turbina

Alguns pesquisadores consideraram o local onde a turbina será instalada como um fator importante de impacto da análise de viabilidade financeira de projetos eólicos. Asumadu-Sarkodie e Owusu (2016) avaliaram e compararam 11 locais de instalação no país de Gana, mostrando a diferença entre a produção de energia, energia exportada para a rede e o fator de capacidade para cada região, evidenciando a importância de se avaliar o local onde o parque eólico será instalado.

Para Soe *et al.* (2015), a seleção do local é o principal passo do projeto de energia eólica, envolvendo principalmente a avaliação de recursos eólicos em larga escala. Segundo estes autores, os dados de vento em larga escala são necessários para determinar os locais apropriados para a instalação das turbinas.

Alguns autores argumentam que as políticas públicas e as características da população local devem ser estudadas, para atender os principais objetivos do investimento em energia eólica de acordo com a localização. Soderholm e Pettersson (2007) falam que duas questões são preocupantes quando se trata de escolher o local ideal para a instalação: o local selecionado deve ser adequado com relação aos objetivos do código ambiental e às disposições de gerenciamento de recursos; e para todas as atividades e medidas, os locais devem ser selecionados para atingir o objetivo com um mínimo de danos ou prejuízo ao meio ambiente. Para eles, a escolha do local é provavelmente um dos obstáculos legais mais significativos na produção de energia eólica.

3.1.3.2 Fatores econômicos

Quando se fala em fatores econômicos, trata-se dos parâmetros que estão diretamente ligados aos custos em relação ao projeto de instalação, representando valores de entrada ou saída no fluxo de caixa do negócio. Nesta categoria estão enquadrados o custo de investimento, o custo de operação e manutenção, o custo da energia, o custo de depreciação e o aluguel de terra.

Custo de investimento

O custo de investimento é sem dúvida um dos fatores que mais impactam na viabilidade econômica de projetos de energia eólica. Grande parte do custo de investimento incide sobre os aerogeradores escolhidos. Neste custo, pode incluir o projeto, o aerogerador, a infraestrutura civil e elétrica, a instalação e o transporte, entre outros. Segundo Neto *et al.* (2018), o custo de investimento consiste em várias despesas que dependem do tamanho da planta, dificuldades apresentadas pela terra, sofisticação do equipamento e outras, causando um forte impacto no fluxo de caixa do projeto eólico.

Na análise de viabilidade econômica, os principais critérios usados utilizam o custo de investimento como parâmetro de análise, para comparar o fluxo de caixa gerado ao longo do tempo de vida do projeto com o valor investido inicialmente e verificar o retorno ou prejuízo financeiro do projeto. Segundo Aquila *et al.* (2017), o principal critério de análise financeira, conhecido como critério do Valor Presente Líquido (VPL), quantifica o quanto o custo do projeto impactará na posição do capital inicialmente investido.

O custo de investimento depende muito do fornecedor e da tecnologia que será instalada, por isso é importante haver uma pesquisa de mercado que compare os preços e qualidades dos produtos, avaliando o custo-benefício deles. Além disso, muitos autores consideram o custo de investimento como parâmetro para estimar outros custos. Para Belabes *et al.* (2015), o custo de investimento está entre os parâmetros mais importantes do projeto eólico e depende dos fabricantes, variando muito de um fabricante a outro. Segundo Ali *et al.* (2017), um dos parâmetros que pode afetar a seleção da turbina eólica é o custo de investimento inicial, e escolher um modelo de turbina mais sofisticado implica não só em um custo de investimento inicial mais alto, mas também o custo de operação e manutenção será maior.

Ao custo de investimento, alguns autores consideram ainda a possibilidade de sistemas de armazenamento de energia, que pode ser considerado como um novo fator de impacto, podendo tornar o custo de investimento inicial mais alto, mas com uma provável maior possibilidade de viabilidade. Para Bhattara *et al.* (2019), os sistemas de armazenamento de energia são percebidos como soluções viáveis para suavizar os desafios da energia eólica, podendo ser utilizados para superar as mudanças de tempo. Além disso, a literatura também fala da questão de armazenamento como alternativa de geração de energia por diferentes fontes renováveis, utilizando a técnica de energia híbrida e aproveitando o melhor do potencial de cada uma delas. Segundo Madlener e Latz (2013), uma variedade de estratégias operacionais foi comparada com três sistemas diferentes de armazenamento de energia, sendo que o meio de armazenamento mais lucrativo foi o sistema de armazenamento de energia de ar comprimido (CAES). Da Silva *et al.* (2016) afirmam que, apesar de sua instalação rápida e impactos ambientais reduzidos, a falta de capacidade de armazenamento e a geração de energia intermitente são vistas como os principais problemas para a maior exploração da energia eólica.

Custo de operação e manutenção

Geralmente o custo de operação e manutenção (O&M) é calculado pelos pesquisadores como uma porcentagem do custo de investimento. Hulio *et al.* (2017) consideram o custo de O&M como 2% do custo da turbina eólica. Para Grieser *et al.* (2015), os custos de O&M são estimados em 0,5% dos custos totais de instalação. Para Zhao *et al.* (2013), em um período de 15 anos (considerado em sua pesquisa), o custo total assumido para O&M foi de 5% do custo da turbina eólica. Já em Aquila *et al.* (2016) este custo é calculado como 12% da receita bruta gerada do projeto eólico. Portanto, é comum considerar o valor gasto com operação e manutenção como uma porcentagem do valor do projeto e ele varia de acordo com a pesquisa de cada projeto, por isso deve-se levar em consideração o tipo de equipamento oferecido pelo fabricante e o custo com O&M destes equipamentos.

O&M são custos considerados para garantir o bom funcionamento da instalação até o final do período de vida útil dela e eles dependem muito dos tipos de equipamentos que serão instalados na turbina eólica. Para Blanco (2009), assim como qualquer equipamento industrial, as turbinas eólicas exigem um custo com operação e manutenção que constitui uma considerável parte dos custos totais anuais, incluindo reparos e peças reservas e manutenção da instalação elétrica.

Custo da energia

O custo com a energia convencional é considerado muitas vezes para medir a economia de energia gerada no projeto quando se utiliza a energia eólica, provocando uma receita positiva no fluxo de caixa, levando-se em conta a tarifa de energia cobrada pela rede. Este custo costuma variar muito de local para local. Mohsin *et al.* (2018) discutem que no Paquistão o preço da eletricidade por unidade e as tarifas de energia variam nos estados em relação ao propósito do consumo, assim as mudanças de preço no estágio final de fornecimento são de acordo com os locais. Estes autores também falam da necessidade de se comparar preços de energia renovável com preços de energia convencional.

A tarifa de energia é tida como um valor que afeta muito a economia de parques eólicos e depende da localização e das políticas públicas de energia. Rocha *et al.* (2018) dizem que, entre as variáveis que influenciam no fluxo de caixa de um projeto eólico, a tarifa residencial de eletricidade e sua interação com a distribuição do vento são fundamentais para calcular a economia de energia obtida na instalação do gerador eólico. Em algumas regiões o preço da energia local pode ser tão alto que muitas vezes tornam os projetos eólicos rentáveis sem a necessidade de subsídio do governo. Watts *et al.* (2016) falam que no Chile os preços de energia local são mais altos e essas características fazem do país um lugar muito atraente para o desenvolvimento de projetos de energias renováveis.

Custo de depreciação

Ao longo do tempo, com o uso e o desgaste natural, as peças e equipamentos eletrônicos sofrem uma depreciação, ou seja, vão perdendo valor. Alguns autores consideram como fator de impacto na viabilidade econômica de projetos eólicos esse custo de depreciação das máquinas, que é medido em porcentagem do custo total da turbina por ano. Para Aquila *et al.* (2017), o custo da depreciação por ano é de 5% do valor do investimento, desconsiderando os custos pré-operacionais. Já Liu *et al.* (2018) consideram o custo de depreciação como sendo 4% por ano do valor total investido.

Para o custo de depreciação deve-se conhecer os tipos de equipamentos que serão utilizados no projeto e saber o quanto de valor eles perdem ao longo do tempo. Pesquisadores recomendam pesquisar na literatura, com base no histórico dos equipamentos ou com o próprio fabricante das peças. Segundo Tuyet e Chou (2018), a depreciação impacta no imposto de renda anual e alguns dos métodos mais utilizados para calcular seu valor (aceitáveis para as autoridades de Taiwan) são: o método de linha reta, o de saldo declinante, o de soma ao ano, o da quantidade de produção e o de máquina/horas de trabalho, sendo o método de depreciação linear o mais utilizado. O método de depreciação linear consiste em dividir o valor total do equipamento pelo número de anos de vida útil dele, e esse será o valor depreciado por ano.

Aluguel de terra

Em alguns dos casos de pesquisa foi considerado um valor adicional no projeto devido ao preço do aluguel de terras para a instalação do sistema de energia eólico. Blanco (2009) considera o valor de aluguel de terra como um dos custos variáveis do investimento em energia eólica mais importantes, somando esse valor ao custo de O&M. Para Montes *et al.* (2011), o aluguel de terra está incluído no custo de O&M e representa em torno de 16% deste custo. Já Neto *et al.* (2018), adotam o valor de aluguel de terra como sendo igual a 1% da receita bruta do projeto. Em todos os casos, para considerar o valor de aluguel de terra, é preciso conhecer o

custo local do aluguel de terras por área e a área que será necessária para instalação do parque eólico.

De acordo com Kose *et al.* (2014), a energia eólica, quando comparada a outros métodos de produção de energia, é economicamente utilizável porque um parque eólico utiliza apenas 1% da área total do terreno, o que permite que atividades agrícolas e outras atividades possam ser realizadas em torno das turbinas, e isso reduz o custo de terra dos parques eólicos.

3.1.3.3 Fatores políticos

Os fatores políticos são aqueles relacionados às medidas adotadas pelo governo local e que podem variar de acordo com estratégias políticas e condições da localização. Aqui estão incluídos fatores como as taxas de juros e impostos, o preço de venda da energia, a taxa de inflação e as condições de financiamento.

Taxas de juros e impostos

A taxa de juros e impostos estabelecidas pela política local são cobradas sobre os valores anuais da receita do projeto eólico, sendo vistas como um parâmetro que impacta no estudo de viabilidade econômica. Essas taxas podem variar de região a região e podem favorecer ou desfavorecer a viabilidade do projeto. Rocha *et al.* (2018) comentam a importância do envolvimento do governo brasileiro na criação de incentivos fiscais para apoiar o crescimento da indústria eólica e que deveria considerar uma redução nos altos impostos cobrados na importação, já que a principal tecnologia utilizada no Brasil é fabricada por empresas estrangeiras no país. Segundo Ali *et al.* (2017), a taxa de desconto, junta à tarifa elétrica e à taxa de imposto corporativo são fatores que afetam muito a economia dos parques eólicos.

De acordo com Ramadan (2017), a previsão precisa da taxa de desconto e juros não é um processo direto e deve ser estimada e assumido um valor que seja coerente com a realidade do local, em sua pesquisa foi considerada uma taxa de desconto de 5%. Já Serri *et al.* (2018) definem o valor da taxa de juros levando-se em conta o interesse aplicado na maioria dos bancos locais, e utilizam o valor 6% como taxa. Gil *et al.* (2014) acreditam que a taxa de juros que deve ser considerada é uma média da taxa de juros do mercado e em suas pesquisas foi adotada uma taxa de 4,5%, considerando um desvio padrão de 0,2. Portanto, nota-se que a taxa de juros varia muito de acordo com a região em análise e pode ser estimada como porcentagem média do que é cobrado no local.

Preço de venda da energia

Em algumas pesquisas, dependendo da política pública da região, é interessante pesquisar o preço que a energia eólica gerada pode ser vendida à rede elétrica local. Alguns fatores que geram receita são considerados na geração de energia eólica ligada à rede de conexão local, como a venda à rede do potencial de energia gerado que não é consumido, como também a venda do crédito de carbono. Estes valores servem como incentivos de políticas públicas para viabilizar projetos de energias renováveis. Qolipour *et al.* (2017) discutem que inicialmente é necessário determinar o preço da nova energia por kilowatt para calcular a receita gerada pela eletricidade.

Para Rocha *et al.* (2018), a eletricidade produzida numa residência pode ser vendida por um preço favorável através do estabelecimento de programas baseados em tarifas premium conhecidas mundialmente como “*feed-in tariffs*”, um sistema de medição líquida de compra e venda de energia. De acordo com Capallero (2016), o método mais simples para promover as energias renováveis é uma tarifa de alimentação garantida (do inglês *feed-in tariffs* – FIT), juntamente com a obrigação das operadoras de rede em comprarem fontes renováveis sempre que forem produzidas, pois esse incentivo de política pública pode tornar o investimento em energia eólico viável.

O fornecimento de subsídios e tarifas de capital para a energia gerada acima do preço de mercado pode encorajar o proprietário de uma edificação a comprar a tecnologia eólica, mesmo que ele não consiga determinar com precisão se um benefício financeiro positivo será revertido para ele durante a vida útil do produto (WALTERS e WALSH, 2011). Segundo Grieser *et al.* (2015), a introdução do FIT e uma combinação com um sistema de armazenamento de energia tem uma influência substancial na rentabilidade da turbina eólica. Eles também falam que o regime FIT desempenha um papel crucial para a decisão de investimento não só em negócios públicos ou empresas privadas, como também em domicílios particulares. De acordo com os resultados de pesquisa, o esquema de tarifas de alimentação adotado na região estudada (Alemanha) melhora significativamente a lucratividade do projeto de energia eólica.

Taxa de inflação

A tarifa de inflação prevê um aumento no preço da energia ou de outros custos relacionados ao projeto por período de tempo. Alguns autores consideram um aumento anual em porcentagem para prever os custos com eletricidade e outros custos envolvidos no projeto eólico no futuro. A taxa de inflação tem sido um dos fatores utilizados na análise financeira de projetos eólicos e pode impactar significativamente na viabilidade do projeto.

Segundo Ayodele *et al.* (2016), a taxa de inflação é utilizada no cálculo do valor atual do custo da turbina. Gil *et al.* (2014) utilizam a taxa de inflação para calcular a taxa de juros real e com isso calcular o custo associado às perdas anuais de energia produzidas durante a vida útil da instalação. Nor *et al.* (2014) também usam a taxa de inflação no cálculo do valor presente do negócio, assumindo essa taxa como sendo igual a 3,5% anual e constante durante o tempo de vida útil do projeto.

A taxa de inflação deve ser observada para cada local e pode variar de região para região. Os pesquisadores têm adotado uma taxa média com base no histórico de bancos da região. Para Mohsin *et al.* (2018), a taxa de inflação considerada foi de 6,9%, no Paquistão, durante um tempo de vida útil de 20 anos do projeto. Ali *et al.* (2017) assumem uma taxa de inflação de 3% na Coreia do Sul. Para Rahman *et al.* (2017), a taxa de inflação considerada foi de 7,3%, utilizando-se a média anual de 2014 com base no “*Bangladesh Bank*”.

Condições de financiamento

Um dos fatores que também pode facilitar e colaborar para a rentabilidade de projetos de energia eólica, atraindo investidores, envolve as condições de financiamento. Estas condições podem abranger uma taxa de juros mínima, descontos ou isenções fiscais, longos

períodos de financiamento, entre outras estratégias que amortizem o valor do investimento. Rocha *et al.* (2018) argumentam que entre as políticas de curto prazo está a estratégia de subsídios diretos para investimento no projeto de energia renovável, incentivos fiscais como descontos ou isenções fiscais, além de uma linha de financiamento especial para projetos de geração de eletricidade renovável, com taxas de juros mais baixas do que aquelas no mercado e longos períodos de amortização.

Sem as políticas públicas de incentivo, muitos pesquisadores comentam que dificulta o investimento em energia eólica porque é um investimento caro e que pode ter retorno a longo prazo ou não ter o retorno esperado, tornando o projeto inviável financeiramente. Portanto, muitos autores propõem condições de financiamento adequadas para aumentar a probabilidade de viabilidade econômica de projetos de energia eólica, fazendo do projeto um negócio atrativo para os investidores.

As condições favoráveis de financiamento para o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) facilitam o investimento em energia renovável, e a falta de financiamento adequado de longo prazo é uma barreira pontual na consolidação de fontes renováveis no mercado brasileiro. A aversão dos credores ao risco é alta porque as energias renováveis têm altos custos de produção (DA SILVA *et al.* 2013). De acordo com Aquila *et al.* (2017), os resultados obtidos em sua pesquisa reforçam o papel importante dos empréstimos bancários como estratégia complementar para contratos de longo prazo com parcela de remuneração fixa. Para eles, sem linhas de financiamento a probabilidade de que o projeto fosse viável seria de 86,53%, enquanto a probabilidade de viabilidade sobe para 99,17% no cenário que considera o financiamento, sem uma possível negociação de créditos de carbono.

3.1.3.4 Fatores climáticos e ambientais

Como o próprio nome diz, fatores climáticos e ambientais diz respeito ao clima do local e fatores relacionados ao ambiente, que podem sofrer alteração de acordo com o período do ano e as condições climáticas e ambientais da região. Os parâmetros considerados dentro desta classificação foram a velocidade do vento, a densidade do ar, a temperatura e a pressão atmosférica.

Velocidade do vento

A velocidade do vento é um fator chave para que o projeto de energia eólica seja viável, já que é a principal fonte de energia utilizada nesse tipo de projeto. Alguns autores costumam considerar uma velocidade média do vento no local, geralmente medida em m/s, considerando dados históricos de velocidade do vento para verificar o potencial eólico da região estudada. Qolipour (2016) dá ênfase à atenção que deve ser dada às mudanças quantitativas e qualitativas na velocidade do vento para a produção de energia eólica. Segundo o autor, não há dúvida de que o vento é o fator mais importante na construção de uma usina eólica, portanto, não apenas as mudanças na velocidade do vento, mas também o efeito dessas mudanças na quantidade de energia elétrica produzida deve ser medido.

A velocidade do vento varia muito de acordo com a região e muita atenção deve ser dada a essa variável quando se verifica a viabilidade econômica de projetos eólicos. Segundo Li *et al.* (2018), a estimativa precisa da velocidade do vento é muito importante para todos os

aspectos da exploração da energia eólica. De acordo com Ramadan (2017), as características do vento e o potencial eólico relevante foram muito analisados por meio de estudos recentes no mundo todo e as metodologias desenvolvidas permitem que a potência de energia e a velocidade do vento possam ser estimadas, com isso o investimento e o projeto de parques eólicos em uma região podem ser adequadamente executados com erros relativamente pequenos.

Além da velocidade média do vento, os autores consideram muito importante estimar a distribuição do vento ao longo do tempo. Segundo Fazelpour *et al.* (2017), Weibull é o modelo de probabilidade potencial para análise de distribuições mais comumente utilizado e amplamente aceito e citado na literatura eólica e é considerado como uma abordagem padrão devido à sua precisão, simplicidade e flexibilidade. De acordo com Rocha *et al.* (2018), muitos estudos baseiam suas análises estatísticas para características de vento e potencial de energia acreditando que a distribuição de Weibull é uma aproximação adequada para a velocidade do vento e isto se deve à fácil estimativa dos parâmetros de distribuição para aproximar a distribuição empírica das observações de vento. Além disso, a distribuição de Weibull tem a melhor aderência aos mais variados casos de regimes de vento.

A distribuição de Weibull possui dois parâmetros, que são nomeados como parâmetro de forma “k” (adimensional) e parâmetro de escala “c” (em m/s) e existem vários métodos numéricos disponíveis na literatura para estimar o valor destes parâmetros (ASHGAR e LIU, 2018). Segundo Ayodele *et al.* (2016), vários métodos podem ser empregados na estimativa dos parâmetros “k” e “c” de Weibull, incluindo o Método gráfico, o Método dos mínimos quadrados, o Método do Padrão de Energia, o Método da Máxima Verossimilhança, o Método da Máxima Verossimilhança Modificada e Métodos empíricos. Para eles, todos estes métodos têm a capacidade de estimar os parâmetros Weibull com um erro mínimo, mas são os métodos empíricos que requerem menos carga computacional e são simples de usar em comparação com os outros métodos. O modelo empírico foi proposto pela primeira vez por Justus e usa a média e a variância da velocidade do vento para determinar os parâmetros de forma Weibull “k” e escala “c”.

Alguns autores consideram ainda a variação do vento ao longo do dia como um fator importante a ser observado, a fim de verificar horários de pico e de redução na velocidade do vento e considerar essa variação no impacto econômico. A previsão precisa da produção por hora pode minimizar as incertezas e os custos do sistema ao posicionar corretamente as turbinas onde elas proporcionam o maior benefício. Para prever o valor de mercado da produção de turbinas eólicas, é necessária uma análise estatística dos dados horários (CAPALLERO, 2016). Para Kassem *et al.* (2018), a variação da velocidade do vento durante o dia é muito importante para a integração da energia eólica no fornecimento global de energia e a velocidade média do vento por hora varia dentro de um período de 24 horas nas regiões do norte de Chipre.

Mohammadi e Mostafaeipour (2013) utilizam dados diários de velocidade do vento hora a hora, para daí obter os valores mensais e anuais, e todos os procedimentos de cálculo foram realizados com base nesses dados médios para avaliar a velocidade do vento em termos de hora, mês e ano. Kose *et al.* (2014) analisaram dados obtidos em média de intervalo de 10 minutos de três dias diferentes para velocidades do vento baixo, médio e alto. De Vos e Driesen (2015) argumentam que a capacidade de reserva de energia eólica disponível em cada hora do dia é

limitada pela previsão de energia eólica no dia seguinte, mas a capacidade de energia eólica que se espera ter disponível pode ser prevista por meio de um modelo de previsão probabilística.

Densidade do ar

A densidade do ar nada mais é que a massa de ar por unidade de volume da atmosfera terrestre. Esta variável, geralmente medida em Kg/m^3 , é um fator que pode afetar na produção de energia eólica porque a energia cinética do vento é diretamente proporcional à densidade do ar (HULIO *et al.* 2017). Segundo Mohsin *et al.* (2018), apenas a investigação da velocidade do vento não representa uma imagem real do potencial eólico, pois normalmente a densidade de energia eólica depende do cubo da velocidade do vento, da área da lâmina da turbina e da densidade do ar.

A densidade do ar é considerada com valor igual a $1,225 \text{ kg/m}^3$, de acordo com a atmosfera padrão internacional (ISA) a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ e ao nível do mar (ASHGAR e LIU, 2018). Hulio *et al.* (2017) falam que a densidade do ar é maior nos meses de inverno e diminui no verão, e considera os valores médios da temperatura ambiente e da densidade do ar. Alguns autores calculam o valor da densidade do ar por uma relação entre a pressão atmosférica, a temperatura ambiente e a constante específica do gás para o ar seco (FAZELPOUR *et al.* 2017; RAMADAN, 2017; ALI *et al.* 2017).

Temperatura

A temperatura ambiente é um fator que influencia na densidade do ar, logo afeta a densidade de energia eólica, por isso esse fator é muitas vezes considerado na análise de alguns autores. Segundo Abdelhady *et al.* (2017), a densidade do ar é proporcional à pressão atmosférica e inversamente proporcional à temperatura. Logo, o potencial de energia eólica é inversamente proporcional à temperatura, ou seja, o potencial de energia é maior em dias mais frios e menor em dias mais quentes.

Na maioria dos casos, o valor da temperatura é considerado pelos pesquisadores para base de cálculo de $15 \text{ }^\circ\text{C}$, onde pode-se assumir a densidade do ar padrão de $1,225 \text{ kg/m}^3$ que é medida ao nível do mar (FAZELPOUR *et al.* 2017; WATTS *et al.* 2016; SOE *et al.* 2015). Para outros autores é importante observar a variação na temperatura ambiente e considerar uma temperatura média do local, com base em histórico, e realizar o cálculo da densidade do ar (RAMADAN, 2017; ABDELHADY *et al.* 2017; KOSE *et al.* 2014).

Pressão atmosférica

A densidade do ar é uma variável que tem relação diretamente proporcional à pressão atmosférica de cada local, por esse motivo alguns autores utilizam a pressão do ar como um fator de impacto, considerado na análise de viabilidade. Geralmente a pressão atmosférica é medida em Pascal (Pa), Atmosfera (atm) ou Milímetro de mercúrio (mmHg). Pesquisadores calculam a densidade de energia eólica com base nos valores de densidade do ar, que tem uma relação direta com a pressão atmosférica, geralmente considerada igual a 1 atm como pressão normal atmosférica (FAZELPOUR *et al.* 2017; MATTAR e GUZMAN-IBARRA, 2017; WATTS *et al.* 2016; SOE *et al.* 2015).

3.1.3.5 Fatores técnicos

Os fatores técnicos dependem das características de fábrica dos equipamentos do sistema eólico ou da maneira como as turbinas são instaladas. Os fatores considerados como técnicos foram a altura da turbina, a potência instalada, o tempo de vida útil, a eficiência, o diâmetro do rotor, o tempo de operação, o número de lâminas da turbina e o tempo de construção.

Altura da turbina

A altura da turbina influencia na densidade de potência do vento. Quanto mais alta a turbina, maior será a velocidade do vento e maior será a produção de energia. Serri *et al.* (2018) falam que ocorre um aumento na produção de energia devido à maior altura do cubo das turbinas eólicas, além do melhor desempenho dos geradores e maior conhecimento do vento. Fazelpour *et al.* (2017) investigaram o efeito do uso de turbinas eólicas com várias alturas e constataram que o uso de turbinas com várias alturas de cubo pode otimizar a saída de energia mesmo quando o número de turbinas eólicas é igual. Além disso, vários modelos de custo foram estudados, e verificou-se que diferentes alturas do cubo de turbinas eólicas reduziram o custo por unidade de um parque eólico.

Para uma estimativa mais real da velocidade do vento, autores recomendam que essa velocidade seja medida por diferentes alturas para prever a média da velocidade do vento. Para Li *et al.* (2018), as alturas dos cubos das turbinas eólicas são na maioria de 60 a 80 metros. Ramadan (2017) analisou as medições horárias da velocidade do vento em diferentes alturas dos cubos para estimar o potencial médio de geração de energia eólica. Waewsak *et al.* (2017) falam que cada gerador de turbina eólica considerado tem alturas de cubo diferentes, variando de 80 a 100 metros, mas, no processo de seleção, a produção anual de energia foi estimada em alturas de cubo equivalentes e estendidas a 110 e 120 metros. Para Simons e Cheung (2016), a altura dos cubos considerada foi entre 44 e 135 metros. Portanto, este é um parâmetro que depende do modelo de turbina que será utilizado e o local onde será instalado.

Potência instalada

O potencial de energia instalado é sem dúvida um dos fatores que mais impactam na economia de um projeto eólico. Citado em todas as referências da amostra final da pesquisa, a potência instalada geralmente é medida em MW ou KW e é calculada de acordo com a demanda energética necessária, sendo que a capacidade das turbinas é uma escolha a ser tomada antes do investimento, a fim de escolher o fabricante e o modelo de turbina adequado para o projeto. O preço das turbinas depende muito do modelo e a capacidade de instalação delas. Fazelpour *et al.* (2015) discutem em suas pesquisas que o objetivo principal do estudo era melhorar a compreensão do uso do potencial de energia eólica e conhecendo esse potencial poderia se calcular a economia da turbina eólica e avaliar, para as cidades consideradas, o custo unitário da eletricidade (por KWh).

Para muitos autores, a potência de energia local deve ser prevista antes da instalação de parques eólicos, a escolha do modelo de turbina adequado depende da capacidade de instalação de energia, o que pode encarecer o projeto. Para a análise da viabilidade econômica de projeto de energia eólica, Wyman e Jablonowski (2015) falam sobre a decisão da capacidade de energia

do projeto e outros fatores para fixação de dados, e no seu estudo foram consideradas três capacidades de projeto e três tamanhos de turbinas disponíveis no mercado. Os resultados mostraram economias de escala à medida que a capacidade do projeto aumentava dentro de um determinado tamanho de turbina.

Um dos principais fatores que influenciam no desempenho de uma turbina eólica é a capacidade de potência a diferentes velocidades do vento, normalmente especificadas pela curva de potência do fabricante da turbina (MOHAMMADI *et al.* 2016). Segundo Watts *et al.* (2016), a geração de energia de uma turbina eólica é fortemente dependente da tecnologia utilizada, assim é necessária uma seleção adequada de tecnologia de acordo com o regime do vento. Para eles, a escolha adequada do modelo de turbina é essencial e, de acordo com as curvas de potência das turbinas, é possível aumentar a produção para o mesmo nível de vento aumentando a utilização da capacidade e tornando o projeto mais viável.

Tempo de vida útil

O tempo de vida útil do projeto indica o período em que as instalações vão funcionar em estado padrão. É um fator que pode ser considerado como técnico, visto que é um dado obtido diretamente do fabricante, dependendo das características, qualidade e tecnologia da turbina instalada. Para Serri *et al.* (2018), este tempo, considerado como tempo efetivo de funcionamento das turbinas, é usado para saber o quanto vai durar o projeto e montar o fluxo de caixa em cima desse período. Em geral o tempo de vida útil de um parque eólico dura em torno de 20 anos.

Este fator geralmente é oferecido pelo fabricante das turbinas e depende do modelo e da qualidade do fornecimento. Neto *et al.* (2018) falam que, quanto mais longa for a vida útil do projeto, mais atraente se tornará o negócio, pois quanto mais longa a operação da turbina, mais renda entra no fluxo de caixa. Belabes *et al.* (2015) realizaram uma análise de sensibilidade e constataram que o VPL do projeto é sensível, além de outros fatores, ao tempo de vida útil do projeto.

Eficiência

Para uma estimativa mais próxima da realidade da produção de energia eólica provocada pelo potencial de vento local, pesquisadores consideram uma eficiência dos geradores, relacionando a produção efetiva de energia com a capacidade máxima de produção. Geralmente os autores analisam essa eficiência em termos de fator de capacidade (em %). Segundo Mattar e Guzman-ibarra (2017), a análise de viabilidade técnica é o potencial de energia eólica estimado e sua relação com a produção efetiva de energia, com base na curva de potência do aerogerador. A partir do modelo da curva de potência, calcula-se o fator de capacidade, que é definido como a razão entre a geração de energia eólica efetiva produzida pela turbina e a geração total que ela provoca em plena capacidade durante um período de tempo.

De acordo com Blanco (2009), o indicador que melhor caracteriza a capacidade de geração de eletricidade de um parque eólico é o fator de capacidade, que expressa a porcentagem de tempo que uma fazenda de energia eólica produz eletricidade durante um ano representativo e, para ele, o fator de capacidade é uma das variáveis que mais influenciam no custo global de um investimento em energia eólica.

O fator de capacidade pode ser obtido da divisão da energia total gerada de uma turbina eólica durante um período de tempo pela energia anual gerada na capacidade total da turbina (FAZELPOUR *et al.* 2017). Para Glassbrook *et al.* (2014), a diminuição da eficiência da turbina eólica resulta na redução de produção anual de energia.

Diâmetro do rotor

O diâmetro do rotor é um parâmetro que define a área de varredura das turbinas, que por sua vez define a capacidade da turbina na captação de vento, por isso é considerado por muitos como um fator de impacto na viabilidade econômica de energia eólica. Segundo Mohsin *et al.* (2018), turbinas eólicas com rotores de diâmetros maiores podem ser usadas para produzir a energia máxima. De acordo com Glassbrook *et al.* (2014), a produção anual de energia eólica pode ser calculada em uma relação utilizando o número de horas em um ano a eficiência da turbina e a área de varredura.

De acordo com Furuya e Maekawa (1984), existem dois métodos básicos de operar um rotor de turbina eólica: Rotação Por Minuto (RPM) constante; e relação de velocidade constante. Do ponto de vista da economia, o aerogerador é normalmente projetado em uma velocidade de vento específica ou nominal. Estes autores argumentam que a redução do custo de capital foi observada pela redução do número de rotores das turbinas.

Tempo de operação

O tempo de operação é o tempo que as turbinas gastam em funcionamento efetivo para a produção de energia, geralmente medido em horas por ano. Este tempo define a quantidade de tempo que a turbina estará em funcionamento produzindo energia, e essa quantidade de horas é levada em conta para calcular a capacidade total de energia gerada em um período de tempo (GLASSBROOK *et al.* 2014; SAIZ-MARIN *et al.* 2015; SOE *et al.* 2015).

Alguns autores levam em consideração que as turbinas não funcionarão todas as horas do ano, por algumas questões como manutenção, reparo ou trocas de peça, por exemplo. Albadi *et al.* (2017) consideram o gerador trabalhando apenas 6 horas por dia para o cálculo da eficiência da turbina. Saiz-Marin *et al.* (2015) consideraram cenários que representaram uma estimativa de produção diária de energia de uma turbina eólica trabalhando 438 horas por ano. Montes *et al.* (2011) levaram em conta 2350 horas por ano de produção. Outros autores, por simplificação, consideram que as turbinas trabalharão sem parar durante o ano, ou seja, 8760 horas por ano (AQUILA *et al.* 2017; LI e DECAROLIS, 2015; ASKARI e AMERI, 2012).

Número de lâminas da turbina

O número de lâminas da turbina é uma característica técnica do fabricante que influencia na área de varredura das turbinas, logo causam impacto na produção de energia eólica. Alguns autores incluem o número de lâminas, ou pás, das turbinas como um fator econômico (BELABES *et al.* 2015; FAZELPOUR *et al.* 2015; STOCKTON, 2004; RICHARDSON e MCNERNEY, 1993; DESROCHERS e BLANCHARD, 1986). Para Richardson e Mcnerney (1993), os modelos de turbinas envolvem o uso de um eixo horizontal ou vertical e uso de duas ou três pás. Segundo eles, a turbina eólica mais comum é o tipo de hélice padrão com duas ou

três pás montadas no topo de uma torre, mas outros tipos significativos de turbinas eólicas estão comercialmente disponíveis e podem ser consideradas.

O número de pás em uma turbina eólica, embora aparentemente seja uma escolha fácil de design, é sutil. Duas pás custam menos que três pás, mas turbinas eólicas de duas pás precisam operar em velocidades rotacionais mais altas do que as turbinas eólicas de três pás. Como resultado, as pás individuais precisam ser mais leves e mais rígidas e, portanto, mais caras em uma turbina eólica de duas pás (RICHARDSON e MCNERNEY, 1993).

Tempo de construção

O tempo de construção é o tempo considerado que se leva do início do projeto até o funcionamento efetivo do sistema de energia eólico. Esse tempo é considerado por alguns pesquisadores principalmente devido ao valor investido no início do projeto até que ele entre em operação.

O tempo de construção varia de acordo com a necessidade do investidor ou a disposição dos fornecedores. Os autores costumam considerar um período de 12 a 36 meses de construção, desde o projeto até a instalação completa das turbinas (NETO *et al.* 2018; LI *et al.* 2013; MORAN e SHERRINGTON, 2007; GREENBLATT, 2007; KARLIS *et al.* 2001).

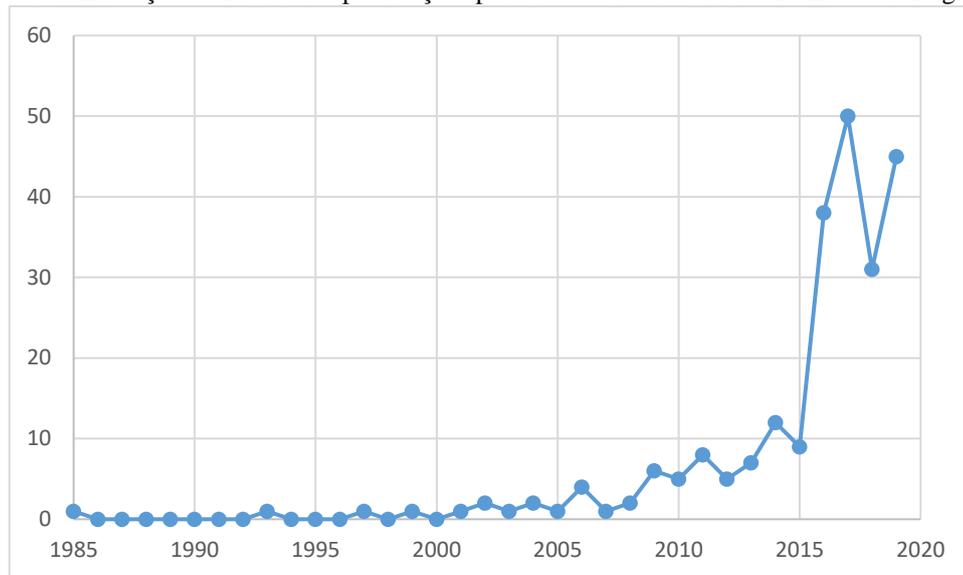
3.2 ANÁLISE DE FATORES DE IMPACTO NO INVESTIMENTO DE ENERGIA SOLAR

Nesta seção serão apresentados os principais resultados da análise da busca sobre a viabilidade econômica de energia solar, discutindo a princípio as principais informações e características dos trabalhos da amostra, a fim de conhecer o perfil dos trabalhos pelo número de citações e relevância na literatura, o ano em que foram publicados e os locais onde foram feitos os estudos. Além disso, também serão mostradas e analisadas as principais palavras-chave utilizadas nas pesquisas da amostra e, como objetivo principal deste trabalho, por fim serão discutidos os principais fatores de impacto identificados na amostra final.

3.2.1 Caracterização da amostra final

Ano de publicação: O artigo mais antigo desta segunda amostra foi publicado no ano de 1985. O segundo artigo mais antigo da amostra foi publicado cerca de 8 anos após o primeiro, já em 1993. A partir dos anos 2000 em diante começou a surgir um maior número de publicações na área, chegando ao pico em 2017 com 50 trabalhos publicados. Nota-se um maior interesse recente pela pesquisa em viabilidade econômica de energia solar no mundo, com o crescimento de publicações ao ano, especialmente nos últimos 10 anos, o que significa que essa é uma área que merece atenção e deve ser estudada. A Figura 11 ilustra a evolução do número de publicações por ano dos trabalhos encontrados na amostra.

Figura 11 – Evolução do número de publicações por ano da amostra final da RSL sobre energia solar

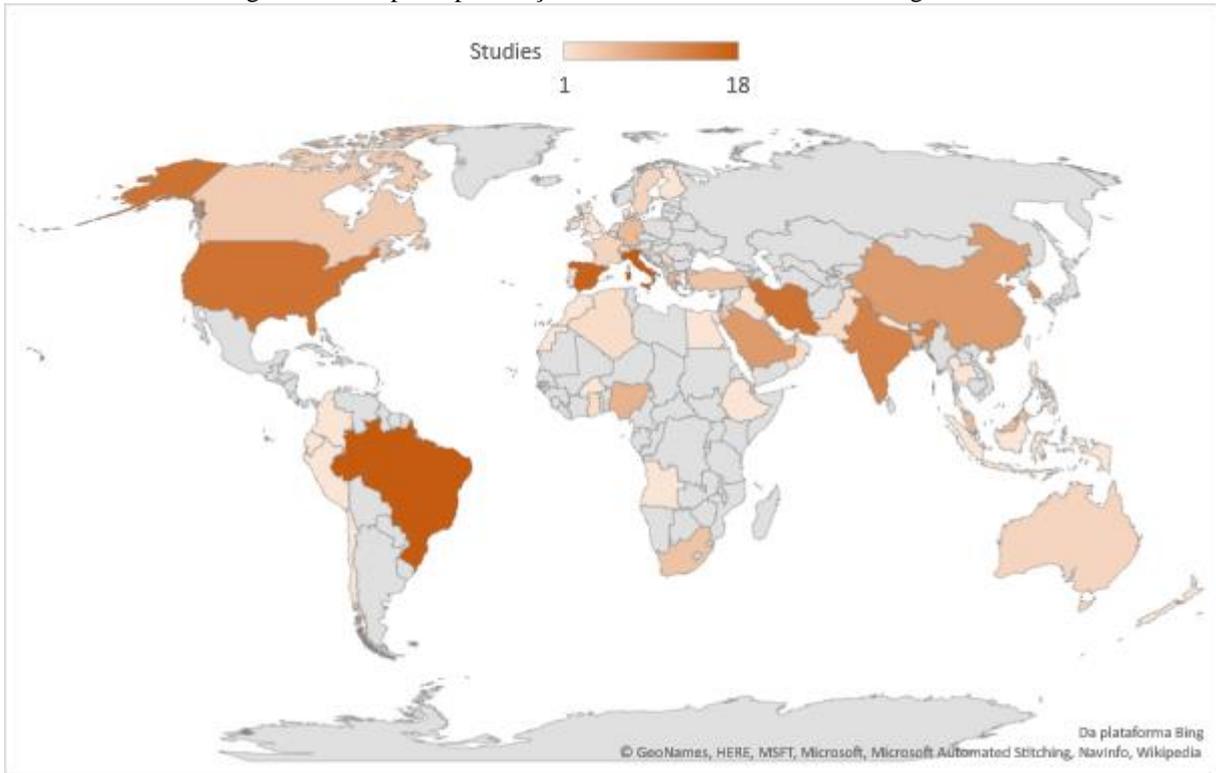


Fonte: autoria própria

Local de publicação: É fácil perceber o quanto um local de estudo influencia na análise de viabilidade econômica desse tipo de projeto, pois ao analisar os trabalhos percebe-se uma semelhança da análise entre manuscritos de uma mesma região e algumas diferenças quando o manuscrito trata de outra região. Observando o número de países encontrados na nossa amostra de trabalhos, percebe-se que o interesse do estudo em viabilidade de energia solar é uma tendência em grande parte do mundo, totalizando um número de 57 países encontrados na busca. A Figura 12 mostra um mapa de publicações, onde pode-se observar um maior interesse por parte da Europa, América do Norte e Sul, alguns países da África e Ásia e na Oceania, afirmando, portanto, o interesse no tema por todo o planeta.

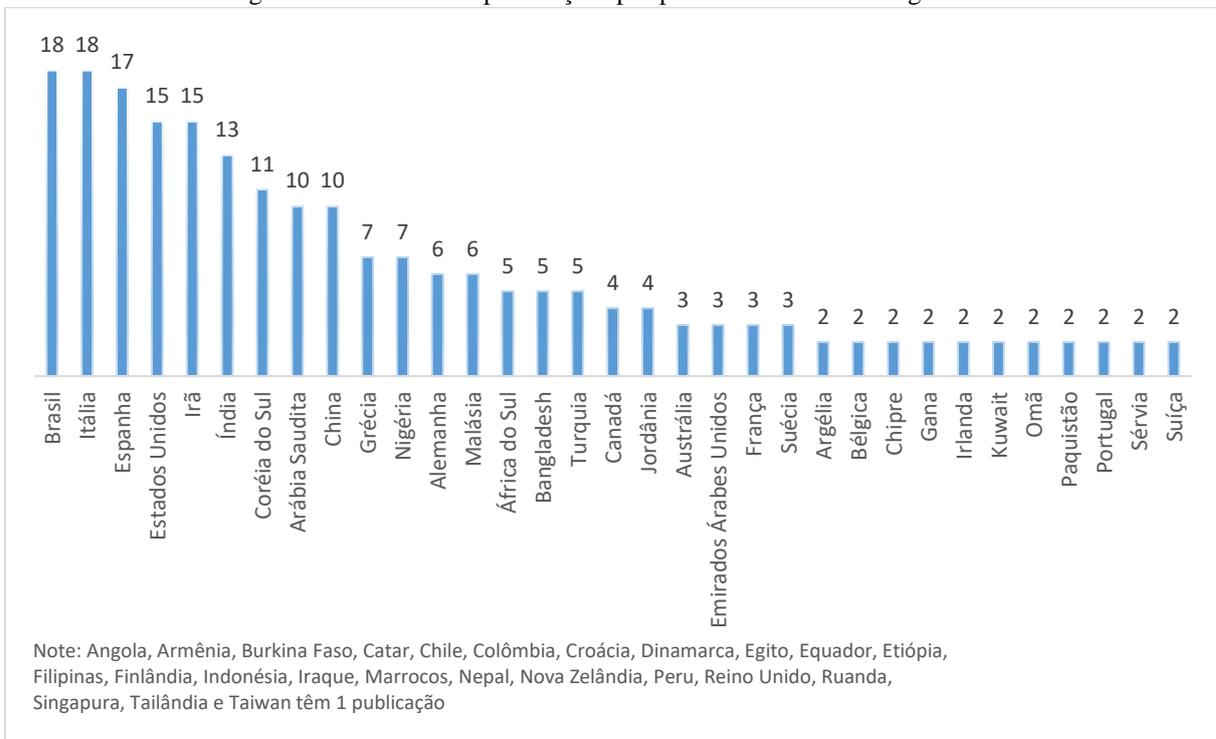
O Brasil, como já era esperado por ser o local de realização do nosso estudo, junto à Itália são os países que mais apareceram na amostra, com 18 publicações cada. Além do Brasil e Itália, países como Espanha, Estados Unidos e Irã, por exemplo, aparecem na amostra com um número alto de publicações, com pelo menos 15 trabalhos cada. Outros países aparecem com menos publicações, mas não menos relevantes, totalizando 57 países, como mostra a Figura 13.

Figura 12 – Mapa de publicações da amostra da RSL sobre energia solar



Fonte: autoria própria

Figura 13 – Número de publicações por país da RSL sobre energia solar



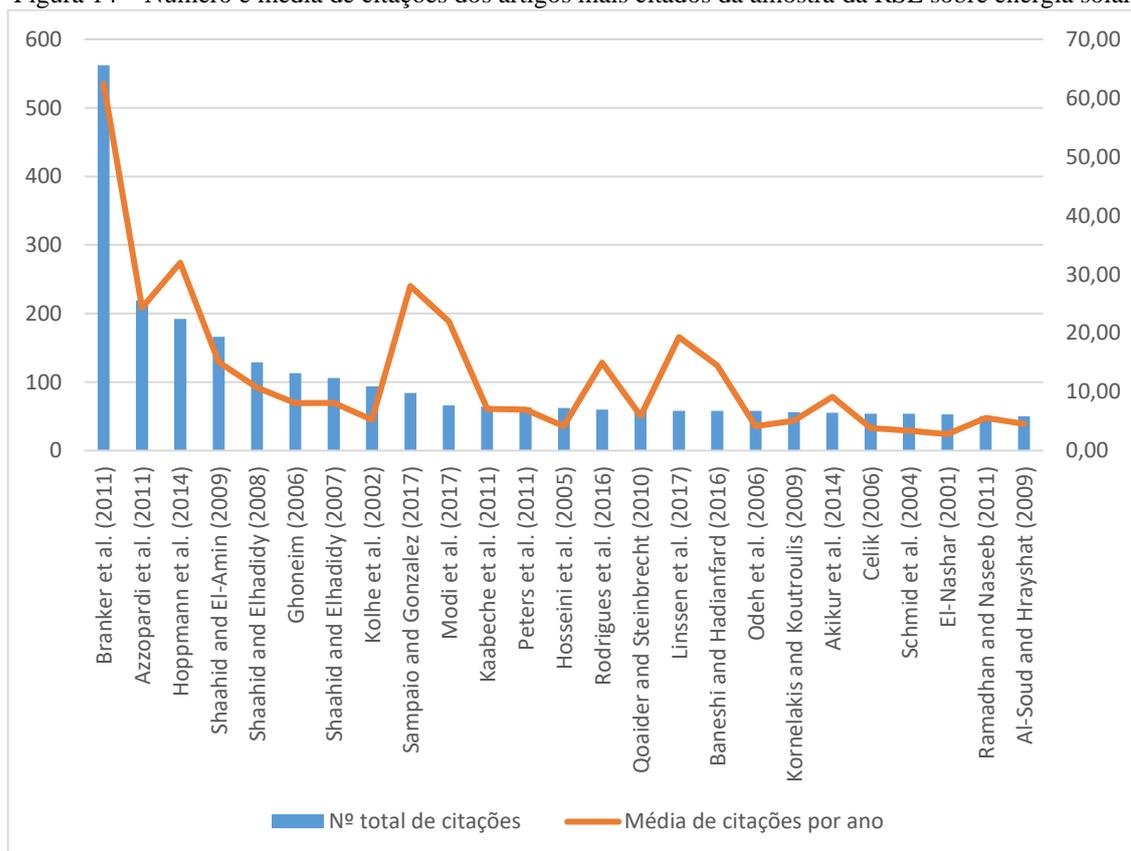
Fonte: autoria própria

Número de citações: Pelo número de citações dos trabalhos é possível ter uma ideia geral da relevância deles na literatura. A Figura 14 apresenta os artigos mais citados na amostra, com todos que foram citados pelo menos 50 vezes, nela pode-se perceber os trabalhos com

maior impacto na literatura. Também é possível observar na Figura 14 a média de citações destes trabalhos por ano, o que apresenta uma relevância mais real dos trabalhos na literatura, mostrando o que está sendo citado ao longo do tempo. Branker *et al.* (2011), levando-se em conta o número e a média de citações, é o estudo de maior impacto da nossa amostra na literatura, com um total de 562 citações e uma média de 62,4 citações por ano. Outras referências de grande impacto da amostra como Azzopardi *et al.* (2011), Hoppmann *et al.* (2014), Shaahid e El-Amin (2009), Shaahid e Elhadidy (2008), Ghoneim (2006) e Shaahid e Elhadidy (2007) têm um número maior que 100 citações totalizadas.

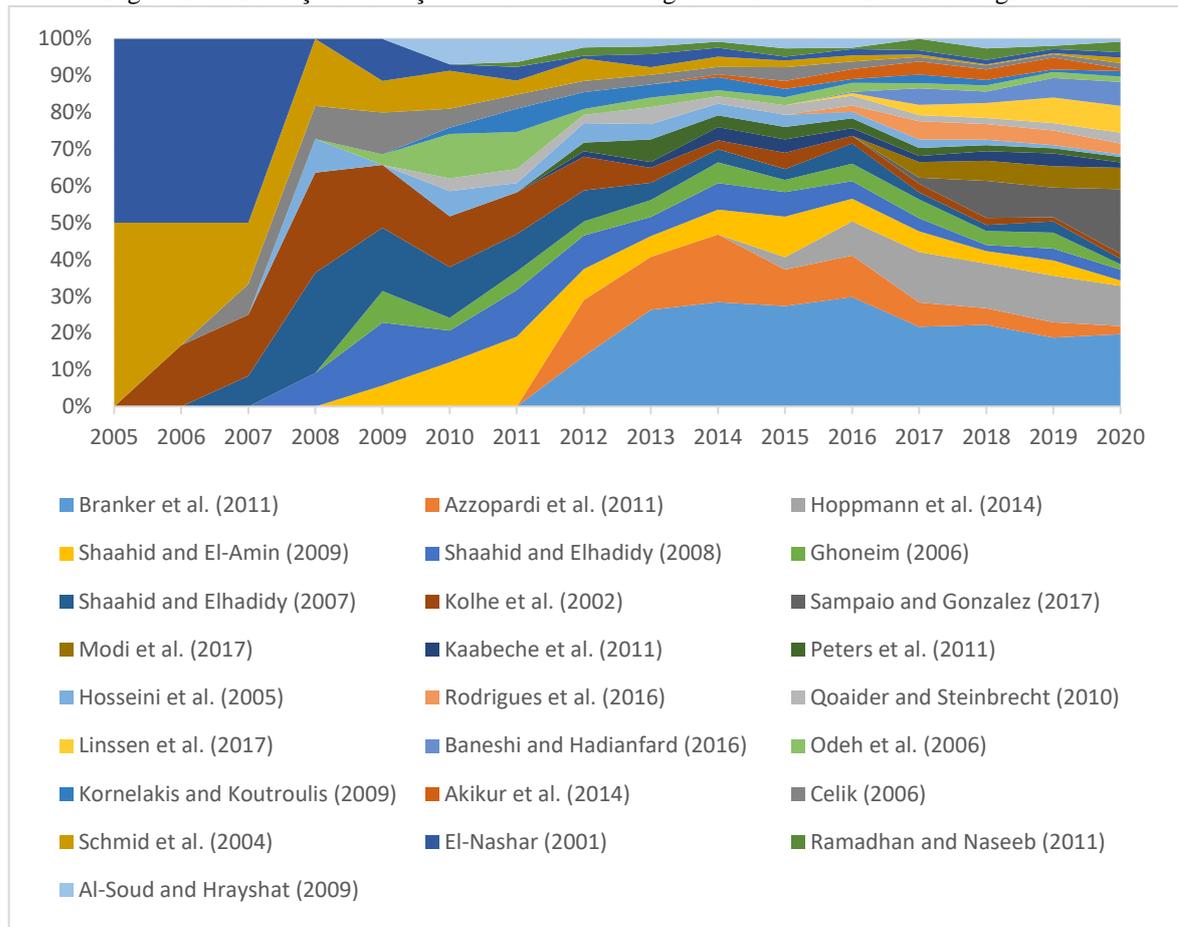
A Figura 15 apresenta a evolução de citações dos trabalhos mais citados da amostra sobre viabilidade econômica de energia solar ao longo do tempo, a partir de 2005. Nesta figura se observa que no ano de 2005 poucos destes trabalhos eram citados, até porque muitos deles ainda não haviam sido publicados, mas com o passar dos tempos ocorre uma aglomeração de trabalhos sendo citados na literatura. A partir do ano de 2011 se pode notar que Branker *et al.* (2011) passa a ser a referência de maior destaque em citações, tendo se mantido estável até os anos atuais, aliado ao crescimento de citações de referências como Hoppmann *et al.* (2014) e Sampaio e Gonzales (2017).

Figura 14 – Número e média de citações dos artigos mais citados da amostra da RSL sobre energia solar



Fonte: autoria própria

Figura 15 – Evolução de citações dos autores ao longo dos anos da RSL sobre energia solar



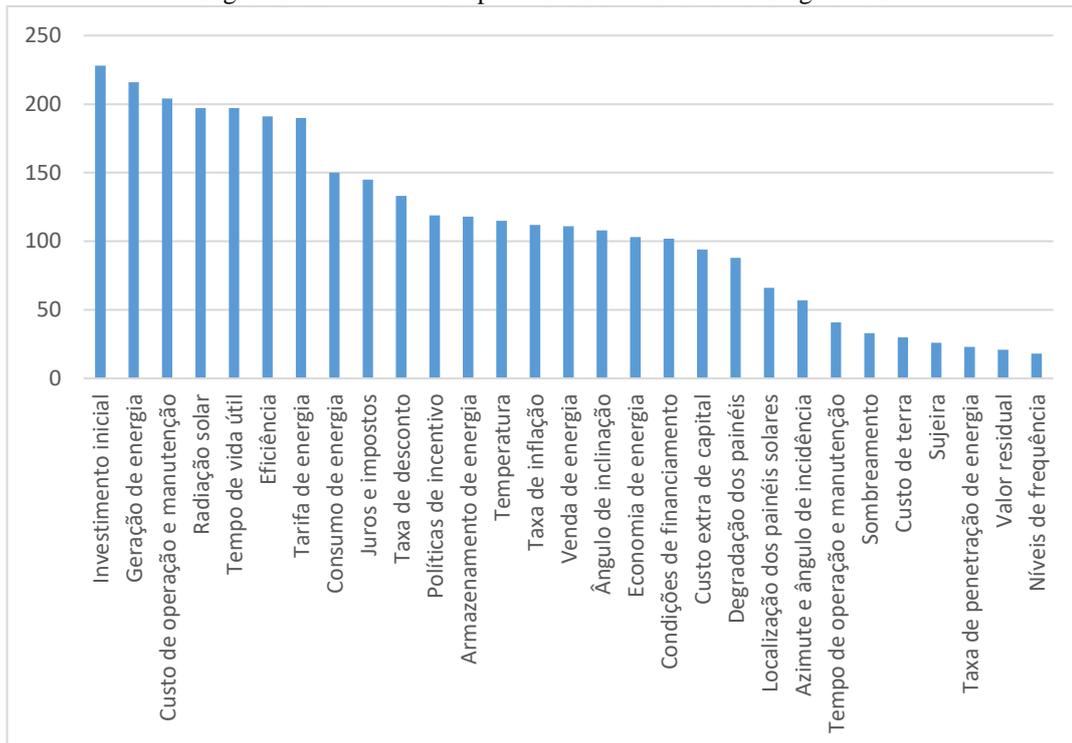
Fonte: autoria própria

3.2.2 Análise de rede de dados

Utilizando como ferramenta o *software VOSviewer*, foi realizada uma análise de rede dos dados da amostra para observar o uso das principais palavras chaves na amostra final de trabalhos da pesquisa, a fim de avaliar quais os principais termos utilizados e as ligações entre eles. Nesta análise foi criado um mapa baseado nos dados bibliográficos, selecionando os dados da amostra final de 234 trabalhos. O tipo de análise selecionado foi de “*co-ocorrência*”, o método de contagem “*full counting*” e a unidade de análise “*author keywords*”. Para uma melhor visualização da rede de dados, optou-se por uma ocorrência mínima de 5 vezes, onde foi gerado um mapa com todas as palavras-chave que aparecem pelo menos 5 vezes nos trabalhos da amostra. De um total de 725 palavras identificadas, 28 foram mostradas na rede de dados. Foi selecionado o modo de visualização “*overlay visualization*” para observar, além das palavras em si, a evolução com que esses termos foram sendo utilizados ao longo dos anos nos estudos da amostra, como mostra a Figura 16.

Pela Figura 16, pode-se perceber que a palavra “*photovoltaic*” é a mais utilizada pelos autores, que apareceu em 31 publicações da amostra. O termo “*solar energy*”, que muitas vezes é usado junto ao termo “*photovoltaic*”, também é muito utilizado pelos pesquisadores, com um número de 30 aparições na amostra. Os termos “*renewable energy*” e “*economic analysis*” surgem em seguida, apontados em 21 publicações cada. Também é possível notar, graças ao modo de visualização *overlay*, que termos como “*net metering*”, “*techno-economic analysis*” e

Figura 17 – Fatores de impacto no investimento de energia solar



Fonte: autoria própria

Assim como foi feito para a análise dos fatores de impacto no investimento da energia eólica, de acordo com Rediske *et al.* (2018), que separa fatores da tomada de decisão na instalação de projetos de energia renovável em categorias, os fatores de impacto no investimento de energia solar foram separados de acordo com o ponto de vista que se enquadram. Observando as classificações de referência e adaptando para esta pesquisa, de acordo com os fatores aqui identificados, os parâmetros deste trabalho foram classificados em 5 categorias: fatores de localização; fatores econômicos; fatores políticos; fatores climáticos e ambientais; e fatores técnicos. O Quadro 4 mostra um resumo dos fatores de impacto identificados, a classificação em que foram enquadrados e as referências onde eles se encontram.

Quadro 4: Resumo dos fatores de impacto identificados na RSL sobre energia solar

Classificação	Fatores	Referências	Total de referências
Localização	Azimute e ângulo de incidência	1, 4, 9, 12, 17, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 38, 45, 47 - 49, 52, 59, 65, 66, 68, 70, 73, 75, 76, 78, 79, 83, 84, 86, 88, 89, 99, 102, 106, 108, 112, 115, 121, 122, 130, 137, 142, 144, 147, 149, 155, 163, 181, 183, 190, 197, 201, 204, 206, 222	57
	Localização dos painéis solares	3 - 5, 11, 12, 14, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 52, 55, 57, 59, 62, 64, 65, 67 - 69, 73 - 77, 79, 83, 88, 90, 93, 94, 100, 102, 104, 109, 110, 113, 116, 120, 122, 123, 129, 141, 143, 144, 148, 152, 155, 162, 163, 166, 175, 178, 184, 191, 192, 194, 203, 204, 218, 219, 221, 232	66
	Sombreamento	4, 5, 7, 9, 11, 31, 47, 57, 65, 70, 77, 88, 114, 121, 128, 130, 137, 145, 154, 174, 180, 181, 185, 187, 188, 190, 193, 196 - 199, 211, 213	33

Econômico	Consumo de energia	1, 3, 5, 6, 8, 12, 14, 15, 18, 20 - 27, 29, 30, 32 - 39, 42 - 47, 54, 56, 57, 60, 62 - 67, 69 - 73, 78, 82 - 85, 87 - 92, 95, 96, 98, 99, 101, 104 - 106, 108, 110 - 113, 115, 118, 120 - 125, 127, 130, 131, 133 - 135, 138 - 140, 142 - 145, 149 - 153, 155, 157, 159 - 161, 166 - 171, 173, 175, 176, 179, 182, 183, 185 - 190, 192, 193, 195 - 197, 199, 201, 203, 204, 206, 208 - 210, 212, 214 - 219, 221, 223, 225, 227 - 229, 231 - 233	150
	Investimento inicial	1 - 10, 13 - 16, 18 - 51, 53 - 60, 62 - 154, 156 - 234	228
	Custo de operação e manutenção	1 - 10, 13, 14, 16, 18 - 23, 25, 26, 29 - 41, 44 - 51, 53 - 60, 62 - 64, 66 - 69, 71 - 73, 75 - 84, 86, 88 - 93, 95 - 102, 106 - 120, 122 - 132, 134 - 141, 143 - 154, 156 - 167, 169 - 171, 173 - 203, 205 - 217, 219, 221 - 224, 226 - 234	204
	Custo extra de capital	1, 3, 5 - 11, 13 - 17, 21, 23 - 26, 28 - 30, 38, 46 - 50, 53 - 56, 60, 62 - 64, 66 - 68, 71, 73, 75, 76, 78, 83, 84, 89 - 93, 95, 97, 98, 102, 106, 107, 110, 111, 113, 119, 122, 123, 129, 131, 134, 136, 137, 141, 143, 152, 158, 160, 163, 164, 171, 173, 174, 179, 180, 184, 188, 193 - 197, 201, 202, 207, 208, 221, 224, 229	94
	Valor residual	1, 7, 29, 38, 53, 63, 71, 75, 101, 106, 110, 115, 122, 123, 132, 139, 181, 189, 209, 221, 223	21
	Economia de energia	3, 6, 15, 18, 22, 25 - 32, 34, 35, 41, 42, 47, 48, 51, 55 - 58, 61, 63, 64, 66 - 68, 72, 73, 75, 78, 82, 84, 85, 90, 92, 94, 98, 101, 106, 109 - 113, 115, 116, 118 - 120, 127, 129 - 133, 135, 136, 144, 147, 149 - 153, 155, 157, 158, 163, 165 - 168, 170, 172, 175, 180, 181, 185 - 188, 196, 205, 207 - 209, 212, 214 - 220, 222, 227, 230, 231, 233	103
	Custo de terra	6, 7, 13, 16, 40, 47, 62, 91, 104, 107, 108, 111, 136, 137, 141, 145, 148, 150, 157, 160, 164, 170, 174, 177, 178, 180, 200, 206, 211, 216	30
Político	Tarifa de energia	1, 5 - 9, 11 - 18, 20, 22, 23, 25 - 27, 29, 30, 32 - 42, 44 - 52, 54 - 59, 61 - 64, 66 - 73, 75 - 78, 83 - 88, 90, 92 - 99, 101, 102, 104 - 107, 109, 111 - 120, 122 - 127, 129 - 145, 147, 149, 151 - 153, 155, 158 - 161, 163 - 177, 179 - 184, 186 - 196, 198 - 200, 202, 203, 205, 208 - 212, 214, 215, 217 - 228, 230 - 233	190
	Condições de financiamento	3, 5, 7, 13 - 17, 19, 24, 26, 27, 29, 30, 34, 37, 38, 40, 41, 43, 47, 50, 51, 54, 55, 57 - 59, 66 - 68, 72, 75 - 80, 85, 87, 89, 91, 92, 94 - 96, 104, 106, 107, 112 - 114, 116 - 118, 125 - 127, 129 - 134, 136, 139 - 141, 148, 156, 158, 161, 163, 166, 169, 170, 174 - 177, 180, 182, 186, 189, 191, 193 - 195, 198 - 200, 203, 206 - 208, 210, 212, 216, 223, 224, 226, 231	102
	Taxa de desconto	3, 5 - 7, 10, 11, 13 - 15, 18 - 20, 22 - 24, 26, 27, 29, 33 - 38, 41, 45, 47, 48, 50, 53 - 60, 63, 66 - 68, 70, 73, 75 - 80, 84, 88 - 90, 94, 96 - 99, 101, 102, 105 - 111, 115, 116, 119, 123, 126, 128 - 130, 132 - 134, 136, 137, 141, 142, 144, 145, 147, 148, 151 - 154, 158, 162 - 165, 168 - 170, 174, 176, 178 - 182, 185, 187 - 191, 193 - 195, 198 - 202, 205, 207, 211, 212, 220 - 224, 226, 227, 229, 231, 233	133
	Venda de energia	4, 7 - 10, 12, 17 - 20, 25 - 29, 34, 38, 40, 41, 45 - 51, 54 - 56, 58, 61, 63, 66 - 69, 76 - 78, 83, 85, 86, 88, 90, 92, 95 - 98, 101, 105 - 107, 109, 113, 115,	111

		116, 118, 122, 123, 126 - 129, 131, 132, 134, 136, 141, 145, 147 - 150, 152, 154 - 156, 161, 165 - 168, 170, 172, 174 - 177, 181, 184 - 189, 193 - 196, 198, 199, 203, 207, 210, 211, 216, 220, 226, 231, 232	
	Políticas de incentivo	1, 2, 5, 7, 9, 10, 13 - 16, 19, 22, 26, 27, 33, 34, 36, 46, 47, 51, 54, 55, 58, 59, 61, 64, 66 - 68, 74 - 78, 80, 85, 87, 88, 90, 92, 94 - 96, 98, 100, 101, 104 - 107, 109, 113, 116 - 118, 125 - 134, 136, 139, 141, 144, 145, 147, 151, 152, 155, 158, 161, 165, 166, 168, 170, 172, 174 - 176, 178, 180 - 182, 184, 186 - 189, 191 - 196, 198 - 200, 203 - 205, 207, 208, 210 - 212, 216, 220, 221, 225 - 228, 231, 232	119
	Juros e impostos	5, 7, 9, 10, 14 - 16, 22, 26, 27, 29, 31, 34, 37, 40, 41, 44 - 47, 49 - 51, 53, 54, 57, 62 - 64, 66 - 71, 73 - 78, 82, 83, 85, 88, 92, 94, 96, 98, 102, 105, 106, 110, 112 - 117, 122 - 127, 129 - 136, 139 - 144, 146 - 148, 150 - 152, 156, 158 - 176, 179, 180, 182, 183, 185 - 191, 193 - 205, 208, 210 - 213, 217, 220, 221, 223, 225 - 228, 230 - 232	145
	Taxa de inflação	5, 7, 13 - 15, 22, 26, 27, 29, 35, 37, 40, 41, 44, 45, 47, 49 - 51, 55, 56, 63, 66, 68, 73, 75 - 78, 80, 82 - 84, 89, 90, 92, 94 - 96, 99, 102, 104, 106, 111 - 117, 119, 126, 129, 130, 132, 134 - 136, 139, 142, 144, 147, 152, 153, 157, 160, 161, 163 - 170, 175 - 182, 186 - 189, 191, 193 - 196, 198 - 203, 209, 211, 212, 217, 220 - 223, 226, 227, 229 - 231, 233	112
Climático e ambiental	Radiação solar	1 - 8, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20 - 23, 25 - 29, 31 - 36, 38, 39, 41, 43, 45 - 66, 68 - 79, 82 - 86, 88, 89, 91 - 95, 97 - 100, 102, 103, 106, 108 - 120, 122 - 124, 126 - 128, 130 - 144, 146, 148 - 160, 162 - 171, 173 - 187, 189 - 192, 194 - 206, 208, 210, 211, 213, 215 - 230, 234	197
	Temperatura	1, 2, 5, 9, 11, 17, 18, 21, 25, 27 - 29, 31, 33, 36, 48 - 50, 52, 53, 56, 58 - 60, 63 - 65, 68 - 71, 75, 77 - 86, 89, 93, 95, 97, 99, 100, 102, 103, 108, 109, 111, 112, 114, 115, 117, 121 - 124, 126 - 132, 135, 137, 140, 143, 146, 148, 149, 151, 153, 154, 159, 162 - 165, 169, 173, 174, 177, 179 - 181, 183, 185, 189 - 191, 196, 197, 199 - 201, 203, 204, 206, 210, 211, 213, 214, 216, 217, 220, 221, 226 - 228, 230	115
	Taxa de penetração de energia	1, 19, 38, 39, 46, 63, 67, 71, 84, 111, 112, 120, 122, 141, 150, 157, 171, 172, 194, 197, 215, 218, 219	23
	Sujeira	4, 5, 7, 11, 29, 77, 88, 89, 100, 106, 107, 114, 115, 128, 130, 132, 144, 164, 174, 185, 187, 190, 191, 197, 199, 202	26
Técnico	Níveis de frequência	1, 19, 55, 57, 70, 82, 83, 91, 104, 129, 143, 146, 160, 173, 174, 185, 221, 231	18
	Armazenamento de energia	1, 14, 18 - 25, 27, 33, 39, 40, 42, 45, 48 - 51, 53, 54, 56, 58, 60, 63, 65 - 69, 71, 80 - 87, 89, 92, 93, 95, 98, 99, 101, 103, 108 - 110, 112, 117, 120 - 123, 125 - 127, 131, 134 - 139, 141, 142, 145, 146, 149, 151, 152, 156, 157, 159, 160, 162, 167 - 173, 175, 176, 178 - 180, 183, 184, 186 - 188, 190, 192, 195, 197, 200, 201, 203, 206 - 208, 210, 215, 216, 218, 219, 221, 222, 225, 229 - 231	118

	Eficiência	1 - 4, 6, 7, 9 - 13, 17 - 19, 21 - 40, 43 - 51, 53 - 56, 58 - 61, 63 - 68, 70, 72, 73, 75, 77 - 86, 88 - 95, 98 - 106, 108 - 115, 117 - 132, 134, 135, 137, 138, 140, 142 - 146, 148 - 151, 153, 155, 156, 158 - 160, 162 - 171, 173 - 176, 178, 180 - 187, 189 - 191, 193 - 206, 208, 209, 211 - 214, 216 - 219, 221 - 225, 227, 230, 232, 234	191
	Geração de energia	1 - 3, 5 - 15, 17 - 52, 54 - 73, 75 - 98, 101 - 127, 129 - 142, 144 - 158, 160 - 179, 181 - 200, 202, 205, 206, 208 - 213, 215 - 226, 228, 231 - 234	216
	Tempo de operação e manutenção	1, 3, 23, 30, 38 - 40, 44, 54, 59, 60, 66, 67, 80, 89, 95, 97, 107, 109, 118, 122, 123, 129, 139, 142, 148, 160, 161, 169, 171, 180, 183, 190, 192, 193, 210, 215, 218, 219, 228, 229	41
	Tempo de vida útil	1 - 3, 5 - 9, 13 - 16, 18 - 24, 26, 27, 29, 30, 32 - 38, 40 - 42, 45, 47 - 51, 53 - 60, 62, 63, 66 - 73, 75 - 85, 88 - 102, 104 - 120, 122, 123, 125, 128 - 142, 144 - 148, 150 - 154, 156 - 163, 166, 167, 169 - 171, 173 - 176, 178, 179, 181 - 202, 204 - 215, 217 - 227, 229 - 233	197
	Degradação dos painéis	4, 5, 7, 9, 11, 15, 21, 23, 24, 26 - 29, 31, 34, 35, 37, 40, 41, 45, 47 - 50, 54, 56, 57, 59, 66, 68, 71, 75 - 79, 83, 84, 88, 89, 92, 94, 95, 100 - 102, 106, 110, 111, 113, 115, 116, 125, 126, 129 - 132, 136, 138, 140, 141, 144, 147, 148, 152, 156, 158, 161, 164, 165, 168, 170, 174, 176, 178, 180, 181, 185, 188, 193, 195, 197, 198, 200, 202, 208, 216	88
	Ângulo de inclinação	4, 5, 7, 11, 12, 17, 21, 26, 29, 31, 33, 35, 36, 38, 42, 43, 45, 47, 48, 50 - 52, 56, 59, 62, 65, 66, 68 - 70, 73, 75, 76, 78, 79, 84, 86, 88 - 90, 92 - 94, 98, 99, 102, 105 - 108, 110 - 112, 114, 115, 117 - 119, 122, 123, 128 - 130, 132, 139, 142, 144, 146, 147, 149, 150, 152 - 155, 158 - 160, 163, 164, 166, 168, 171, 173 - 176, 181, 185, 188 - 191, 196, 197, 199 - 201, 204, 206, 210, 211, 217, 219, 221, 222, 226, 228	108

Fonte: autoria própria

3.2.3.1 Fatores de localização

A classe de localização refere-se basicamente à localização geográfica onde os sistemas de energia solar fotovoltaica estão instalados. Os fatores classificados nessa classe sofrem alteração de algum modo de acordo com essa localização. Os parâmetros classificados dentro dessa categoria são o azimute e ângulo de incidência, a localização dos painéis solares e o sombreamento.

Azimute e ângulo de incidência

O azimute e o ângulo de incidência são os ângulos formados entre a projeção dos raios solares e a superfície da terra e variam de acordo com o movimento do sol. Estes ângulos devem servir como referência na montagem e instalação dos painéis solares, de modo a maximizar a captação da energia solar durante o dia. Para Bhakta e Mukherjee (2017), a orientação da matriz fotovoltaica pode ser descrita por dois ângulos: o da inclinação e o de azimute.

De acordo com Awan (2019), o desempenho do sistema fotovoltaico pode ser melhorado se ajustado continuamente a posição e os ângulos de inclinação dos módulos em

relação à posição azimutal, isso ajuda a manter a posição dos painéis fotovoltaicos normal ao sol e maximiza sua eficiência. Segundo Farias-Rocha *et al.* (2019), estudando a radiação solar média da região se define a melhor posição e inclinação dos painéis em relação ao ângulo de azimute, a fim de aumentar a radiação solar anual nos painéis.

Para Bimenyimana *et al.* (2019), o ângulo de incidência e azimute solar variam durante todo o ano e com isso varia a produção de energia solar. Segundo a pesquisa, a produção solar variou de 0,7 a 6,4kW durante o ano, o ângulo de incidência variou de 0° a 92° e o azimute solar variou entre -162,5° e 171°. De acordo com Yendaluru *et al.* (2019), o valor do ângulo de incidência pode ser usado para determinar regiões completamente livres de sombra no local e o conceito da formação de sombra é influenciado por esse valor.

Localização dos painéis solares

O local onde serão colocados os painéis influenciará diretamente na geração de energia solar. Além das condições geográficas, deve ser avaliada a melhor posição onde o sistema solar será instalado porque isso influencia na captação da energia, seja com a instalações em locais livres de sombra, poeira ou outros fatores ambientais, ou até mesmo pelas políticas de energia atuantes na região instalada. O fato é que muitos pesquisadores se preocupam em estudar e comparar locais antes da instalação do sistema solar fotovoltaico (ABNAVI *et al.* 2019; SERRI *et al.* 2018; LI *et al.* 2018; ASGHAR e LIU, 2018).

Chiacchio *et al.* (2019) falam da análise de uma usina fotovoltaica doméstica conectada à rede avaliada em locais geográficos diferentes e consideram importante avaliar como diferentes condições ambientais podem afetar não apenas a produção de energia e os regimes de autoconsumo, mas também o envelhecimento dos componentes do sistemas, em especial no sistema de armazenamento. Awan (2019), antes de avaliar o desempenho de um sistema fotovoltaico em coberturas na Arábia Saudita, fala que 44 locais foram analisados no país e do resultado se definiu a melhor região viável para o projeto fotovoltaico na Arábia Saudita. Segundo Tomosk *et al.* (2017), a viabilidade econômica depende mais das tarifas de eletricidade que dos níveis de radiação, por isso argumentam sobre a importância de se comparar locais quanto às políticas e tarifas energéticas aplicadas.

Ise *et al.* (2019) alertam para a questão da sujeira no local dos painéis, que provoca uma queda na eficiência da geração de energia solar, e fala que quanto mais o local estiver próximo de uma fonte de geração de poeira, maior será o risco de sujeira. Para ele, locais próximos a fábricas de cimento, fazendas de agricultura e pecuária, estradas de terra ou estradas com alto tráfego, por exemplo, podem ser evitadas na seleção do local.

Sombreamento

O sistema de energia solar fotovoltaico produz eletricidade em função da quantidade de radiação solar que recebem os módulos. Os efeitos de sombra sobre os painéis podem ser provocados por barreiras como objetos, vegetação, edificações próximas, entre outros, e isso diminui a produção de energia. De acordo com Goswami *et al.* (2019), o efeito de sombreamento nos painéis solares causado por árvores ou estruturas próximas ou pelo acúmulo de poeira dificulta a quantidade de energia solar incidente nos painéis. Segundo estes autores, a confiabilidade e a eficiência energética da usina solar são determinadas pela taxa de

desempenho e essa taxa depende, entre outros fatores, do sombreamento nos painéis solares. De acordo com Yendaluru *et al.* (2019), o dimensionamento da matriz solar e do balanço do sistema deve ser realizado com base na área livre de sombras.

Diversos autores consideram os efeitos do sombreamento como perdas na geração elétrica pelo sistema de energia solar fotovoltaica e consideram uma redução na energia causada por esse efeito. Para Lopes *et al.* (2019), o valor obtido da energia gerada deve considerar perdas por diversos fatores, entre eles o sombreamento (considerado -2,3% em perdas na pesquisa). Segundo Ilse *et al.* (2019), o sombreamento parcial em parte de um módulo fotovoltaico pode degradar a produção de energia significativamente.

3.2.3.2 Fatores econômicos

Foram classificados como fatores econômicos aqueles que de alguma forma estão relacionados diretamente com os custos financeiros ligados à geração de energia solar e que devem ser considerados no fluxo de caixa do projeto, seja como entrada ou saída de caixa. Encontram-se aqui o consumo de energia, o investimento inicial, o custo de operação e manutenção, o custo extra de capital, o valor residual, a economia de energia e o custo de terra.

Consumo de energia

O consumo de energia é determinado por uma média padrão da demanda de eletricidade e é previsto em muitas pesquisas a fim de se conhecer a capacidade de energia que deverá ser instalada no local. Essa capacidade pode influenciar em muitos fatores, como o custo de investimento que depende da potência instalada, a geração de energia, a quantidade necessária de armazenamento (quando considerado), entre outros. Segundo Das *et al.* (2017), o consumo médio de carga elétrica é previsto considerando o padrão de uso de eletrodomésticos na área, assim é feito um cálculo probabilístico para gerir um perfil de carga. Com os valores de consumo é possível prever a capacidade de instalação de energia solar e conhecer a quantidade de energia gerada excedente, que pode ser armazenada para o autoconsumo ou até vendida à rede elétrica.

Para Karimi *et al.* (2019), o consumo de energia e a produção devem ser avaliados para realizar o estudo de viabilidade econômica e justificar a utilização dos sistemas fotovoltaicos. De acordo com Espinoza *et al.* (2019), serão obtidos valores diferentes de VPL e Taxa Interna de Retorno (TIR) na análise de viabilidade dependendo do perfil de consumo, nível de autoconsumo, tarifas alocadas à venda de energia fotovoltaica excedente e economia da eletricidade não consumida.

O nível de consumo energético também pode influenciar na tarifa de energia paga à rede elétrica, dependendo das políticas locais estabelecidas. Muitas pesquisas consideram o preço da energia separado individualmente para cada plano de consumo. Para Eshraghi *et al.* (2019), o preço da energia deve ser considerado para cada plano de consumo individual, além de considerar um cenário em que a geração de energia deve ser baseada no consumo. Viana *et al.* (2019), consideram várias categorias de consumidores na análise das curvas típicas de demanda, baseadas nos horários de uso da eletricidade durante o dia, observando horários de pico. Para Anagnostopoulos *et al.* (2017), o preço de venda da eletricidade que os consumidores pagam na Grécia flutua muito e o preço da eletricidade por tipo de consumidor varia para refletir o

máximo possível o custo real de geração e diminuir quaisquer subsídios entre os diferentes tipos de consumidores.

Investimento inicial

O custo de investimento inicial é o fator que aparece mais vezes nos trabalhos da amostra, e isso pode ter ocorrido por vários motivos. Esse custo serve muitas vezes de parâmetro principal na análise de viabilidade econômica, além de ser muitas vezes um custo alto e flutuante, que gera um grande impacto financeiro. Ele é obtido pelo fabricante dos painéis solares e muitas vezes inclui custos como o de transporte, mão-de-obra, construção e serviços de instalação. Esse custo pode ainda variar muito de acordo com o fabricante, as políticas de incentivo estabelecidas na região (como redução ou exclusão de impostos sobre venda), a tecnologia utilizada pelo fabricante etc.

O custo de investimento inicial é o principal fator usado na maioria dos estudos de viabilidade econômica para saber se de fato o negócio é viável financeiramente. Em Al-Saqlawi *et al.* (2018), por exemplo, são utilizados dois critérios para avaliar a atratividade de um investimento: Pay-back e a TIR. Ambos os critérios usam o custo de investimento para saber se o negócio é viável. O Pay-back avalia o período de retorno que mede o tempo necessário para recuperar o custo de um investimento e a TIR considera o valor temporal do dinheiro e determina a taxa de juros à qual o VPL é igual a zero, ou seja, quando a diferença entre o valor do investimento na data zero e as receitas e custos durante a vida útil do projeto na data zero é nula. Para Talavera *et al.* (2019), a análise de rentabilidade econômica é baseada em vários critérios. Um deles, o tempo de retorno do investimento descontado, fornece informações sobre a liquidez do valor do investimento, enquanto o restante dos parâmetros lida com a rentabilidade do negócio.

O custo de investimento por si só não indica se o sistema é viável financeiramente, às vezes um custo maior no investimento da instalação gera uma economia maior durante a vida útil do projeto, como também pode acontecer de um investimento menor ser mais viável financeiramente, por isso deve-se avaliar cada caso. Em San Miguel e Corona (2018) foi estudado o efeito do custo de investimento inicial na viabilidade de um projeto de energia solar e foi relatada uma relação linear entre o investimento de capital e o VPL, porém concluiu-se que a viabilidade econômica não pode depender apenas da redução dos custos de investimento inicial, mas também da redução dos custos de operação e manutenção e do aumento da capacidade de geração de energia. Brunini *et al.* (2019) concluíram que o sistema fotovoltaico apresentou um custo de investimento inicial maior que os demais, contudo o custo anual da eletricidade foi de zero reais, o que demonstrou uma melhor eficiência na geração energética desse sistema em relação a outras fontes de geração de energia e também a não emissão de carbono na atmosfera pelo uso de combustíveis fósseis.

Custo de operação e manutenção

O custo de operação e manutenção é um gasto considerado para garantir que o sistema de energia solar continue operando da melhor forma e mantenha a qualidade na geração de energia elétrica. Ele depende de fatores, como a capacidade instalada e a geração de energia. Segundo Kharseh e Wallbaum (2019), O&M representam despesas em um sistema que ocorrem após a instalação. Para Lammoglia e Brandalise (2019), os custos de O&M são incluídos na

despesa operacional anual da geração de energia para cobrir manutenção periódica, limpeza da superfície dos painéis fotovoltaicos e outros custos de manutenção. Para Adefarati e Bansal (2017), o custo de manutenção do gerador é considerado proporcional à energia gerada.

Para alguns autores o custo de O&M deve ser considerado como um percentual do custo da instalação, ou deve estar incluído no contrato da instalação. Patil *et al.* (2017) consideram despesas de O&M por ano como 2% do custo total do sistema solar. Para Jo e Jang (2019), esse custo é de 0,2% do custo de investimento inicial, descontado anualmente. Rocha *et al.* (2017) consideram que o sistema possuiu um custo anual de O&M de 0,5% do investimento inicial. Segundo Goswami *et al.* (2019), o custo de manutenção deve estar previsto em um acordo para projetos solares e incluído num contrato de manutenção. Para eles, o contrato anual de manutenção é concedido por 5 anos e também inclui o treinamento de pessoal para operações diárias e pode ser renovado a cada 5 anos para manter a saúde dos dispositivos de instalação.

De acordo com Gurturk (2019), os custos de O&M podem ser divididos em custos fixos e variáveis e são compostos por: custos de manutenção e reparo; preço da eletricidade consumida pela usina de energia solar; e os custos pagos aos funcionários. Para ele uma das vantagens mais importantes em termos de custos das usinas de energia solar é exatamente o custo de O&M, pois elas não precisam de operações de manutenção caras porque não exigem componentes complexos de máquinas e sistemas que consomem muita energia e isso reduz os custos. Segundo Peters e Madlener (2017), a manutenção divide-se em manutenção preventiva e corretiva. O objetivo da primeira é manter a funcionalidade de um item e evitar falhas de antemão, enquanto a segunda acontece após a ocorrência de uma falha e reestabelece a funcionalidade do item.

Custo extra de capital

Diversos autores consideram ainda custos extras de capital, como custos de limpeza, custos de reposição de peças durante a vida útil do projeto, projeto e mão-de-obra, valores tributários ou multas, entre outros. De acordo com Lopes *et al.* (2019), além dos módulos e inversores, o sistema solar precisa do equilíbrio dos componentes do sistema e isso inclui gastos extras com estruturas de suporte, cabos elétricos, equipamentos de controle, segurança, proteção e sistemas de monitoramento, além de custos relacionados a projetos de engenharia, licenciamento e instalações de projetos.

Para Adesanya e Pearce (2019), deve-se prever custos adicionais para cobrir um possível aumento nos custos de operação e manutenção anual. Bimenyimana *et al.* (2019) consideram custos de reposição, além dos custos de investimento e de manutenção, durante a vida útil da instalação. Babatunde *et al.* (2019) estudaram investimento de energia solar para iluminação pública e foram previstos nos gastos adicionais custos relacionados à bateria do módulo fotovoltaico, no controlador de carregamento e em custos de lâmpadas diodos emissores de luz (do inglês *light-emitting diode* – LED), a fim de economizar no gasto de energia do sistema solar. Haegermark *et al.* (2017) falam que os custos do sistema solar incluem, além do investimento inicial e custos de operação e manutenção, custos de substituição do inversor e custos adicionais associados à geração de eletricidade fotovoltaica.

Valor residual

O valor residual nada mais é que o valor de negócio restante após a depreciação completa do sistema no final de sua vida útil. Alguns autores consideram esse valor no fluxo de caixa da avaliação econômica de projetos de energia solar. Ajayi e Ohijeagbon (2017) consideram receitas em relação à geração solar incorporada, incluindo receita recuperada das vendas para a rede e receita com qualquer valor residual que ocorra ao final da vida útil do projeto. Para Bhakta e Mukherjee (2017), o valor residual é o valor que permanece em um componente do sistema de energia no final da vida útil do projeto e é considerado no fluxo de caixa ao final descontando-se o custo operacional. Segundo Alsharif (2017), o valor residual coletado no final da vida útil do projeto é considerado e reduz os custos no cálculo do VPL.

De acordo com Sarasa-Maestro *et al.* (2016), o fluxo de caixa no último ano é dramaticamente menor que nos anos anteriores, pois se supõe que no final da vida útil do sistema o valor restante dos componentes seja obtido com a venda deles, como exemplo eles citam que se o gerador tiver apresentado desempenho de 50% de sua vida útil ao final do tempo de vida, espera-se que obter fluxo de caixa vendendo-o a 50% do seu custo de aquisição. Segundo Choi *et al.* (2018), é prática comum atribuir um valor residual de 15 a 20% do custo inicial para os equipamentos fotovoltaicos que podem ser vendidos e realocados ao final da vida útil. Para Poonia *et al.* (2018), o valor residual é considerado como 10% do investimento inicial.

Economia de energia

A economia de energia entra no fluxo de caixa do negócio como um ganho de valor, devido à poupança do que seria gasto de energia consumida da rede elétrica, de acordo com o sistema tarifário local, e é gerado pelo sistema de energia solar para o autoconsumo. Segundo De Boeck *et al.* (2016), um dos tipos de receita de energia fotovoltaica vem da economia de custos da energia. Uma parte dessa economia na conta da eletricidade vem da diminuição da demanda por energia da rede, pois uma parte da produção da instalação fotovoltaica é consumida automaticamente, sendo necessária menos energia vinda da rede. De acordo com estes autores, além do autoconsumo, a outra parte da economia na conta de energia elétrica vem de esquemas de medição líquida, presentes em alguns países.

Para Tsoutsos *et al.* (2003), essa economia pode ser estimada apenas se uma base de comparação for definida e a economia de energia é com base no custo da energia convencional. Segundo El-Nashar (2001), o número ideal de efeitos e a taxa de desempenho correspondente aumentam à medida que o custo do combustível aumenta, mas o aumento da taxa de desempenho também aumenta o custo de investimento inicial da planta, que é compensada pelo benefício obtido com a economia de energia.

O fator de economia de energia pode ser muito benéfico no sistema solar fotovoltaico, devido a preços altos de tarifa cobrados pela rede elétrica ou custo de outras fontes combustíveis, como os derivados do petróleo. Reduzir gastos de consumo ao gerar energia solar acrescenta um valor de receita que entrará no fluxo de caixa do projeto na análise econômica. De acordo com Shaahid e Elhadidy (2007), a porcentagem de economia de combustível energético usando o sistema híbrido diminui, com o auxílio da energia solar, em comparação ao sistema convencional. Além disso, a economia de energia segue aumentando à medida que aumenta a capacidade de geração de energia solar.

Custo de terra

Algumas vezes considera-se necessário prever um custo de terra no projeto de energia solar, seja devido ao aluguel para a instalação dos painéis ou por serviços necessários para essa instalação (como limpeza do terreno, aterro, nivelção etc.). Meharg *et al.* (2016) falam que há um custo fixo de capital que consiste no custo de alocação de terra e é avaliado a uma taxa muito baixa comparada ao custo da instalação total. Para Gonzalez e Flamant (2014), o custo de investimento da terra necessário não leva em consideração o custo de nivelamento do terreno. Napoli e Rioux (2016) falam que os custos de terra podem ser calculados separadamente, pois as instalações geralmente exigem uma área grande. Xue (2017) fala que o custo do terreno se refere à taxa de aluguel das terras ocupadas e não há custo adicional para o sistema fotovoltaico.

De acordo com Okoye e Solyali (2017), os custos de terra podem ser considerados como uma porcentagem do custo total da instalação (ou estimados quando conhecidos) e na pesquisa consideram como 20% do custo total do sistema. Segundo Kumar *et al.* (2014), quando a instalação solar é feita no telhado e construção de painéis fotovoltaicos integrados (BIPV) pode ser excluído o custo de terra, mas no caso de uma planta em larga escala os custos de terra precisam ser incluídos no investimento total e na maioria das plantas esse custo é de 20% do investimento. De acordo com Li *et al.* (2014), o custo da terra tem o menor efeito dos parâmetros na viabilidade econômica do sistema solar devido ao custo de terra representar apenas de 0,1 a 1% do custo total do investimento.

Em Sabo *et al.* (2017) é discutida a questão de aquisição de terras para a implementação da instalação fotovoltaica. Segundo eles, o processo de aquisição de terras continua sendo um impedimento, pois além de atrasar a instalação oportuna, também aumenta o custo da instalação.

3.2.3.3 Fatores políticos

Fatores políticos diz respeito aos parâmetros que são de alguma forma decisão do governo e tem seus valores estabelecidos pela política local. Foram considerados como fatores políticos: a tarifa de energia; as condições de financiamento; a taxa de desconto; a venda de energia; as políticas de incentivo; os juros e impostos; e a taxa de inflação.

Tarifa de energia

Quando se trata de gasto com a energia consumida da rede elétrica, o valor da tarifa de energia é de grande impacto na economia e varia muito de acordo com a região, além de sofrerem variação com a taxa de aumento anual e até mesmo de acordo com o perfil do consumidor. De acordo com Al-Saqlawi *et al.* (2018), o principal benefício associado a um sistema de energia solar fotovoltaica independente da rede é uma redução anual nas contas de energia, que é calculado usando a estrutura tarifária de eletricidade. Por outro lado, um sistema conectado à rede é considerado como tendo um benefício adicional ao do sistema independente por causa da exportação do excedente de energia para a rede. Segundo Ayadi *et al.* (2018), o custo do sistema fotovoltaico depende do período de transferência de energia acordado e da tarifa de eletricidade que será cobrada ao usuário final. Para Lee *et al.* (2018), quanto maior o

preço médio da eletricidade no varejo, mais notável é o valor econômico da eletricidade gerada pelo sistema fotovoltaico.

Segundo Cucchiella *et al.* (2017), a economia de energia através do consumo interno é avaliada em função do preço de compra da eletricidade, esse valor também pode ser chamado de preço da energia por kWh para o consumidor final e sua evolução ao longo dos anos é calculada de acordo com a taxa de inflação da energia. De acordo com Ramirez *et al.* (2017), o preço da energia depende de muitos parâmetros, incluindo situação geopolítica, diversificação de importações, custos de rede elétrica, custos de proteção ambiental e condições climáticas e geralmente o preço pago pelo cliente final depende do tipo de cliente, se é comercial, residencial ou industrial.

Noro e Lazzarin (2018) falam que há uma economia devido à energia elétrica produzida pelo sistema de energia fotovoltaica que não precisa ser comprada pela rede e essa economia foi calculada por meio de duas tarifas diferentes: uma é o preço tradicional aplicado às residências; a outra é uma nova taxa especial, para eletricidade dedicada a clientes particulares que usam bombas de calor elétricas como fonte de aquecimento. Talavera *et al.* (2019) argumentam a necessidade de obter diferentes dados sobre tarifas de eletricidade para compará-las com os sistemas fotovoltaicos e, assim, permitir uma análise comparativa de custos, além de considerar variações significativas no preço da eletricidade, dependendo da quantidade de consumo de eletricidade, que foi agrupada em diferentes faixas de consumo.

Condições de financiamento

Um dos fatores que podem influenciar na viabilidade financeira do projeto são as condições de financiamento fornecidas pelo local, que inclui as taxas de juros, o prazo de amortização e financiamento, o valor financiado, entre outros quesitos. Segundo Corona *et al.* (2016), devido ao alto custo de investimento inicial envolvido e os benefícios da diversificação de capital, a construção de uma usina fotovoltaica normalmente não é totalmente coberta pelo investidor, mas cofinanciada por bancos ou outras instituições financeiras. Para eles isso implica em dificuldades na aplicação do método de avaliação da viabilidade financeira, uma vez que o investimento inicial é distribuído em pagamentos anuais. Segundo Ellabban e Alassi (2019), o custo anual de financiamento se refere ao reembolso do empréstimo para instalação do sistema fotovoltaico, se houver, e o pagamento anual do empréstimo deve ser incluído nos custos do sistema. Para eles, obter um financiamento compensado pela eletricidade exportada para a rede aumenta a economia do sistema.

De acordo com Chiaroni *et al.* (2014), com relação às opções de financiamento, elas são analisadas com o cenário de patrimônio líquido (100% de capital próprio) e capital compartilhado (75-25%, 50-50% e 25-75% de capital próprio e empréstimo financeiro, respectivamente). Para eles, ao modificar o modo de financiamento aumentando ou reduzindo o uso de capital próprio, quanto maior for o investimento inicial no ano zero, maior será o tempo de retorno do investimento. Para Garcia *et al.* (2018), a existência de programas de financiamento para os interessados em comprar seus próprios centros de microgeração seria de grande importância. A criação de um programa nacional destinado à introdução de energia fotovoltaica não apenas nas residências, mas também nas empresas traria prosperidade ao país.

Em Holdermann *et al.* (2014), assumiu-se financiamento por ações porque, segundo os autores, não existem programas de financiamento adequados disponíveis no Brasil e uma mudança substancial na taxa de desconto seria possível se forem introduzidas opções de financiamento adequadas no país. Concluindo a pesquisa, os autores falam que os resultados do estudo de viabilidade econômica demonstram que atualmente os sistemas fotovoltaicos não são economicamente viáveis no Brasil e seria necessária a introdução de opções de financiamento para viabilizar o sistema fotovoltaico no local, tanto no setor comercial, quanto no residencial.

Taxa de desconto

A taxa de desconto é o cálculo aplicado sobre um valor futuro para determinar sua equivalência no presente, utilizada para a análise de retorno de investimentos. Essa taxa indica o nível de atratividade mínima do investimento e seu valor pode ser calculado de várias formas, sendo o Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) um dos métodos mais usados para esse cálculo.

De acordo com Vale *et al.* (2017), a taxa de desconto varia principalmente com o risco do negócio, custo de oportunidade e liquidez e cada empresa geralmente possui seu próprio parâmetro econômico para analisar o projeto. De acordo com Rocha *et al.* (2017), para calcular a taxa de desconto usada na análise de viabilidade do sistema de microgeração fotovoltaica, foi usado o WACC. Segundo Okoye e Oranekwu-Okoye (2018), para incorporar o risco do projeto no processo de decisão do orçamento de capital, é desenvolvido o método da taxa de desconto ajustada ao risco (RADR) que agrupa o valor do dinheiro no tempo puro, representado pela taxa livre de risco e um prêmio de risco.

As taxas de desconto consideradas são muitas e variam de acordo com a pesquisa. Para Hammad *et al.* (2017), a taxa de desconto assumida é igual à taxa de juros do banco nas condições de empréstimos bancários, considerado como 6,7%. Em Schopfer *et al.* (2018), a taxa de desconto definida foi de 4%. Já para Anagnostopoulos *et al.* (2017), a taxa de desconto selecionada foi de 5%, assumindo que essa taxa é satisfatória para a maioria dos investidores se a situação econômica na Grécia for levada em consideração, onde praticamente o melhor investimento alternativo das contas bancárias essa taxa de juros é muito menor. De acordo com MacDougall *et al.* (2018), a adição do prêmio de risco (de 1 a 3%) fornece uma taxa de desconto ajustada ao risco de 5 a 7%. Para eles, ao avaliar um projeto solar pela TIR, uma taxa de desconto razoável para os proprietários é de 3 a 7%, inferior às taxas usadas para projetos comerciais (8 a 9%).

Venda de energia

Uma das principais formas de incentivo citadas na instalação de sistemas de energia solar fotovoltaica é a possibilidade de venda da energia, estabelecida por políticas de incentivo locais. Esse fator pode gerar receita com o preço de venda da energia gerada no projeto solar, fornecida à rede elétrica, e tornar o investimento viável. Segundo Ramanan *et al.* (2019), a variação na análise econômica do sistema solar se deve à política de medição líquida. A geração de energia fotovoltaica e as vendas à rede aumentam simultaneamente com a capacidade fotovoltaica. Yaqub *et al.* (2012) falam que o investimento a longo prazo é considerado viável

se houver estabilidade de preços a longo prazo de modo que a concessionária possa continuar a vender a eletricidade gerada a um preço que cubra os custos.

Choi *et al.* (2013) falam que se uma política de venda de eletricidade for incluída, pode melhorar a viabilidade financeira vendendo o excesso de energia do sistema fotovoltaico. Eles concluem que o retorno do investimento aumenta e o período de Payback diminui quando a taxa de venda de energia à rede aumenta, melhorando a viabilidade financeira do sistema. Para Qoaider e Steinbrecht (2010), o período de retorno do projeto de energia desenvolvido depende da política de venda da eletricidade, onde o período de retorno será inversamente proporcional ao valor do preço de venda e se o valor da energia vendida for igual ao custo de produção, não haverá lucro. Hoppmann *et al.* (2014) reforçam que se as famílias também puderem vender sua eletricidade no mercado atacadista no futuro, um número cada vez maior de famílias passará de consumidor de eletricidade a produtor de energia, aumentando o interesse e uso de energia produzida de fonte solar.

Para Goswami *et al.* (2019), o valor presente da entrada de caixa gerada pela venda da energia à rede tem uma correlação com os incentivos dados pelo governo, onde consideram o preço unitário da eletricidade vendida à rede, o preço da eletricidade vendida acima da taxa do governo, a quantidade de energia usada para carga ativa e uma taxa anual de incremento. Em Barone *et al.* (2019), diferentes cenários são investigados para o excedente de eletricidade produzida, como: uma estratégia padrão de compra e venda da eletricidade, em que a eletricidade exportada para a rede é vendida ao preço nacional unitário; e uma medição líquida ideal, onde o excedente de eletricidade produzida exportada para a rede possa ser devolvido ao edifício quando necessário.

Políticas de incentivo

Há diferentes políticas em forma de incentivo aplicadas ao redor do mundo, e as condições fornecidas por essas políticas podem facilitar o retorno do investimento em energia solar e atrair investidores. Muitos pesquisadores chamam atenção para as políticas públicas de incentivo, como meio de tornar o investimento em energia fotovoltaica mais facilmente viável economicamente. Segundo Focacci (2009), promover o uso de fontes renováveis de energia deve se tornar um objetivo importante das políticas nacionais de energia após crises impulsionadas pelos choques do petróleo e os desequilíbrios ambientais causados pelo uso maciço de combustíveis fósseis. Para ele, os mecanismos adotados até então para apoiar o setor fotovoltaico foram orientados em duas direções principais: tarifas de alimentação, considerando os custos ambientais evitados associados à baixa qualidade do ar e à redução das emissões de gases de efeito estufa; e incentivos de capital para aquisição de equipamentos fotovoltaicos, a fim de permitir o custo direto do investimento.

Lee *et al.* (2016) analisaram o impacto econômico dos incentivos solares estaduais nos EUA, considerando vários cenários com base em incentivos fiscais e incentivos em dinheiro. Eles propõem estratégias de melhoria para os incentivos solares, onde estão a oferta de crédito de imposto de renda estatal e isenção de impostos. Segundo Hirvonen *et al.* (2015), sem subsídios os sistemas fotovoltaicos residenciais têm tempo de retorno muito longos. De Boeck *et al.* (2016) realizaram uma comparação das políticas de incentivo em vários países e concluíram que o nível mais alto de rentabilidade possível nem sempre é igual à melhor política, mas uma política estável e consistente reduz os altos e baixos da demanda dos investidores e

leva a um crescimento estável mais gerenciável do mercado. Zhang *et al.* (2018) afirmam que quando as políticas de incentivo são aplicadas, o período de retorno do sistema solar pode ser reduzido em diferentes níveis, dependendo da localização e do tipo de construção.

Farias-Rocha *et al.* (2019) falam que a política de incentivo pode ser aprimorada diminuindo os custos iniciais e/ou a taxa de juros da dívida e que isso pode ser feito por meio de doações governamentais, reduções fiscais para equipamentos de energia renovável, incentivos para equipamentos de fontes locais e estabelecimento de linhas de crédito para o desenvolvimento solar, também foi reforçado que a taxa de exportação de eletricidade afeta muito a viabilidade financeira de um projeto. De acordo com Rocha *et al.* (2017), a isenção tributária atende o objetivo de incentivar o desenvolvimento de setores produtivos, como a indústria fotovoltaica e, além disso, o subsídio contribui indiretamente para melhorar a qualidade de vida da população, fornecendo suporte para uma produção de energia mais limpa.

Juros e impostos

As taxas de juros e impostos cobradas no investimento de energia solar muitas vezes podem causar um impacto significativo no negócio. Essas taxas são cobradas pelo governo, muitas vezes incluídas no custo de investimento pelos fabricantes, e uma das soluções sugeridas por pesquisadores do mundo é reduzir os impostos e taxas cobradas a fim de facilitar o investimento. Para Varela *et al.* (2004), devem ser incluídos nos custos de operação e manutenção gastos com seguro anual da instalação e impostos anuais pagos pela instalação, independente da eletricidade gerada. Schmid *et al.* (2004) consideram a exportação de equipamentos fabricados fora do Brasil e contam com custos de fornecimento ao Brasil, incluindo excedentes de transporte, impostos e serviços.

De acordo com os trabalhos, na análise de viabilidade econômica geralmente se considera diferentes cenários com as condições de juros e impostos. Haegermark *et al.* (2017) argumentam que para os cálculos, com base no VPL, foram realizados três cenários diferentes dos incentivos financeiros disponíveis: o primeiro cenário incluiu um desconto de imposto, o segundo incluiu um subsídio ao investimento e o terceiro incluiu tanto um desconto quanto um subsídio. Hoppmann *et al.* (2014) ressaltam que além dos custos de geração de eletricidade no sistema solar, os preços devem incluir taxas de rede, margem de lucro da concessionária, impostos e custo de tarifa da alimentação redistribuído ao consumidor. Li e Yu (2016) se preocupam em analisar a viabilidade econômica do sistema solar antes e depois do imposto, como no cálculo do índice da taxa interna de retorno antes do imposto sobre o patrimônio líquido e a taxa interna de retorno após o imposto sobre o patrimônio líquido. Para Ramirez *et al.* (2017), uma das principais políticas de suporte implementada nos principais países da União Europeia está na redução de impostos, taxas mais baixas de imposto sobre valor agregado ou esquemas de amortização quando considerar empréstimos.

O crédito de imposto de renda, que oferece crédito de imposto pelo custo de instalação do sistema fotovoltaico solar, pode ser categorizado em crédito de imposto de renda federal e estadual. O crédito de imposto de renda federal é um incentivo solar concedido pelo país a todos os estados e o crédito de imposto de renda do estado é um incentivo solar baseado no estado, e sua implementação e a quantidade de crédito diferem por estado. Já a isenção de impostos geralmente pode ser categorizada em isenção de impostos sobre propriedades e vendas. A isenção do imposto predial é um incentivo solar que isenta o imposto predial cobrado pelo

aumento do valor residencial devido à instalação do sistema fotovoltaico solar. A isenção do imposto sobre vendas é um incentivo solar que isenta o imposto sobre vendas do custo de instalação do sistema fotovoltaico solar (LEE *et al.* 2018).

Taxa de inflação

A taxa de inflação é a média de crescimento dos preços envolvidos na instalação, essa variação nos preços deve ser observada. Geralmente a inflação é considerada pelos autores sobre os preços das tarifas energéticas. De acordo com Hammad *et al.* (2017), a taxa de inflação é um percentual que deve ser considerado como taxa de juros no aumento da tarifa de eletricidade e como referencial para o cálculo da taxa de desconto. Para Rocha *et al.* (2017), o fluxo de caixa é derivado de variáveis como a taxa de juros, o valor da energia vendida à concessionária e o custo de compra do equipamento, que pode variar durante a vida útil do projeto. Essa variação traz incerteza envolvida em cada variável e, quando consideradas juntas, podem aumentar o risco do projeto, por isso se propõe incluir essa incerteza para avaliar o VPL.

Talavera *et al.* (2019) falam que o preço pelo qual a eletricidade excedente é vendida para a rede e o preço da eletricidade consumida normalmente é igual à tarifa elétrica de varejo, mas é necessário definir uma taxa de crescimento anual do preço da eletricidade que geralmente está vinculada à evolução dos mercados de eletricidade, que é difícil de prever e, em caso de falta de informações, é definida igual ao valor da inflação anual definida para cada país. Choi *et al.* (2018) utilizam a taxa de inflação de preços que podem afetar a compra para prever o custo de energia para os setores residencial, comercial e industrial em vários níveis das taxas gerais. Para eles, a taxa média de inflação ao longo da vida útil do sistema solar assumida foi de 4%, considerada como taxas incrementais de varejo de eletricidade para os sistemas fotovoltaicos para estimar as tarifas futuras de eletricidade. Segundo Okoye e Oranekwu-Okoye (2018), o custo-benefício do sistema fotovoltaico é afetado pela taxa de inflação e esse valor muda de acordo com a localização, afetando a viabilidade econômica do sistema. Para eles, a taxa de inflação considerada foi de 8,1%.

O preço da eletricidade não permanece constante e, portanto, é necessário definir uma taxa de escalada anual do preço da eletricidade. Em qualquer mercado liberalizado de eletricidade, a tarifa de varejo de eletricidade é normalmente uma função da oferta e demanda disponíveis e depende do tipo de matriz de energia existente em um país. É esperado que os preços da eletricidade continuem subindo ao longo da vida útil do sistema solar (TALAVERA *et al.* 2019).

3.2.3.4 Fatores climáticos e ambientais

Nesta categoria encontram-se os fatores que são determinados pelas condições de clima e do meio ambiente onde se encontra a instalação de energia solar. Os parâmetros considerados nesta categoria foram a radiação solar, a temperatura, a taxa de penetração de energia e a sujeira.

Radiação solar

A radiação solar é a energia emitida pelo sol. Ela ocorre diretamente da fonte em todas as direções e não precisam de um meio para se propagar. A média dessa radiação varia muito de acordo com o local e são importantes para a análise de viabilidade econômica de sistemas

de energia solar, observando-se a capacidade de geração elétrica pela fonte solar na região. Segundo Xu *et al.* (2019), a radiação solar é geralmente medida em uma superfície horizontal da região em particular. A radiação solar direta recebida por um painel solar produz um alto rendimento energético. De acordo com Ellabban e Alassi (2019), a radiação está sujeita a muitas mudanças periodicamente devido a diferentes condições climáticas e ao sol.

A média de radiação está diretamente ligada à produção de energia elétrica no sistema solar fotovoltaico. Li (2019) fala que a saída de energia de um módulo fotovoltaico é determinada pela quantidade de radiação solar em um local específico. Segundo Barone *et al.* (2019), quanto maior a radiação solar, maior a produção de eletricidade pelos módulos fotovoltaicos, mas é detectado um crescimento não linear da produção devido à diminuição da eficiência elétrica causada pelo superaquecimento dos painéis. Fereidooni *et al.* (2018) estabelecem uma relação entre a saída de energia e a radiação. De acordo com eles, a potência máxima registrada ocorre no mesmo período da máxima radiação registrada.

Aderemi *et al.* (2018) criaram um modelo de análise do sistema solar onde simularam as condições sob a temperatura ambiente média e a radiação solar da localização e os resultados mostraram um aumento na produção de energia fotovoltaica à medida que a radiação solar aumentou, dependendo da hora do dia, mas a produção diminuiu quando houve um aumento de temperatura.

Temperatura

A temperatura ambiente média do local influencia na geração de energia solar e pode gerar impacto na eficiência dos módulos do sistema solar fotovoltaico. A variação nessa temperatura também pode ser um problema e pode causar degradação nos equipamentos do sistema solar. De acordo com Andika *et al.* (2017), pode-se dizer que existe uma relação entre as mudanças de temperatura operacional e o custo nivelado da energia. A mudança de temperatura afeta o custo total de investimento, o custo anual de operação e manutenção e a geração anual de eletricidade.

Apesar do alto índice de radiação ser bom para o poder de geração de energia solar, altas temperaturas podem afetar no desempenho do sistema, reduzindo sua eficiência. Kang *et al.* (2017) falam que a alta radiação solar geralmente aumenta as temperaturas ambiente e do módulo fotovoltaico, mas quando a temperatura do módulo excede a condição de teste padrão, a eficiência do módulo e a correspondente geração de energia diminuem devido à degradação relacionada ao coeficiente de temperatura. Portanto, uma radiação maior nem sempre garante uma maior geração de energia. Para Sampaio e Gonzalez (2017), a eficiência das células solares depende da temperatura, radiação solar e poeira. A temperatura pode afetar drasticamente o desempenho da célula e, devido a esse fato, estudos têm se concentrado em reduzir a temperatura por meio de extração de calor e utilizá-la para outros fins, como aquecer a água ou aquecer o ar.

A temperatura da célula fotovoltaica tem um efeito significativo na potência de saída fotovoltaica. Por esse motivo, é imprescindível estabelecer um balanço energético da energia solar absorvida pelos painéis fotovoltaicos, a saída elétrica resultante e a transferência de calor para o ambiente (BAHRAMI *et al.* 2017). Para Barone *et al.* (2019), a eficiência elétrica é, de

fato, afetada pela temperatura operacional das células fotovoltaicas e, no estudo, a eficiência diminuiu de 16,4% para 14,8% à medida que a temperatura fotovoltaica aumenta.

Taxa de penetração de energia

No sistema de geração solar fotovoltaica, nem todo poder de energia captado é aproveitado na geração elétrica e isso ocorre porque há perdas de energia no sistema, causadas por diversos fatores. A taxa de penetração de energia considera o quanto da capacidade elétrica será produzida pelos módulos fotovoltaicos. Shaahid e El-Amin (2009) analisaram a viabilidade econômica de um sistema híbrido com energia fotovoltaica e a diesel. Eles concluem que, à medida que a penetração do sistema fotovoltaico aumenta, as horas operacionais dos geradores a diesel diminuí, o que reduz o custo de energia e também a emissão de gases do efeito estufa. Para Hirth (2015), se a energia solar for gerada constantemente, seu valor seria reduzido com baixa penetração, mas aumenta fortemente com alta penetração. Para ele, o impacto econômico da variabilidade da taxa penetração de energia solar é alto.

Alguns pesquisadores alertam para o desperdício de eletricidade, que pode ser causado pela alta penetração de energia solar. You *et al.* (2018) falam do desperdício de energia quando é produzida em excesso pelo sistema solar e a taxa de penetração de energia afeta nessa produção. Para eles, a maior proporção ideal seria de 27%, para evitar o desperdício, mas se o preço da energia for muito alto, maiores taxas de penetração poderiam ser uma boa escolha, apesar do desperdício de eletricidade gerada. Para Yu (2018), a rápida penetração de energia fotovoltaica diminui as horas de carga total das capacidades convencionais existentes e ela à otimização da matriz energética. Porém, com uma alta penetração de energia fotovoltaica, preços negativos podem ser observados devido ao excesso de produção de energia.

Sujeira

Fatores externos, como a questão da sujeira, também podem afetar a eficiência de um painel fotovoltaico. Razões que podem ocasionar o acúmulo de sujeira nos painéis, como poeira, materiais orgânicos ou organismos microscópios e outros tipos materiais diversos podem impedir a passagem dos raios solares até as células das placas, afetando a produção de energia elétrica. De acordo com Bianchini *et al.* (2016), o acúmulo de sujeira pode ter um impacto significativo no desempenho do módulo fotovoltaico e as usinas fotovoltaicas podem ter uma perda de potência na faixa de 1 a 7%, dependendo das características da sujeira e métodos de limpeza.

De acordo com Askari e Ameri (2012), um dos fatores de redução no sistema solar, que explica qualquer discrepância entre o desempenho nominal e o desempenho real dos módulos fotovoltaicos, é devido a fatores como a sujeira dos painéis, incluindo a cobertura por neve. Sampaio e Gonzalez (2017) discutem sobre o efeito da poeira na eficiência das células solares e falam que é aconselhável que a superfície fotovoltaica seja limpa com frequência para manter o desempenho, pois o acúmulo de poeira pode bloquear a radiação nos módulos fotovoltaicos e quanto menor a radiação, menor a eficiência da célula. Para Yendaluru *et al.* (2019), a sujeira do painel depende da área onde está instalado o sistema solar e pode ocorrer sujeira em área com muitas árvores e devido a excrementos de pássaros. Ilse *et al.* (2019) sugerem um custo adicional para mitigação da sujeira. Segundo eles, a faixa de custo para a qual os investimentos

em tecnologia de mitigação de sujeira podem se tornar mais lucrativos em comparação com o as faixas de custos de limpeza padrão.

Kang *et al.* (2017) falam que as perdas de redução do sistema fotovoltaico incluem perdas de conversores/inversores, sujeira, sombreamento, neve, desconfortos, fiação, conexões, degradação induzida pela luz, placas de identificação, disponibilidade etc. Para eles, as perdas totais de redução no sistema devem estar na faixa de 15 a 35%. Para Dagtekin *et al.* (2014), a sujeira do painel fotovoltaico é semelhante ao efeito do sombreamento e pode causar perdas em torno de 3%.

3.2.3.5 Fatores técnicos

Fatores técnicos são aqueles que são determinados pelo fabricante dos painéis solares ou que dependem da maneira como os painéis são instalados, seja numa fase de planejamento do sistema ou na execução da instalação. Nesta categoria foram classificados os seguintes parâmetros: níveis de frequência; armazenamento de energia; eficiência; geração de energia; tempo de operação e manutenção; tempo de vida útil; degradação dos painéis; e o ângulo de inclinação.

Níveis de frequência

Os níveis de frequência são considerados geralmente quando o sistema de energia solar estiver conectado à rede elétrica, pois estes devem trabalhar em conjunto com a rede pública de distribuição de energia elétrica, e por isso devem se comportar exatamente como uma usina de energia comum, operando na mesma faixa de frequência e tensão. Bimenyimana *et al.* (2019) falam que os níveis de frequências dos inversores no sistema solar devem estar próximos da frequência padrão para a rede elétrica nacional. A eletricidade gerada a partir de matrizes fotovoltaicas flui apenas em uma direção e é convertida pelos inversores para tensões e frequências adequadas. Para eles, é possível verificar se a usina solar está em bom modo operacional observando as análises de alimentação de energia na rede elétrica nacional (kWh), a frequência (Hz) e o fator de potência.

Para Dagtekin *et al.* (2014), é necessário o uso de inversores para converter a corrente alternada e controlar a frequência porque os módulos fotovoltaicos geram corrente direta da luz do sol, enquanto as redes de distribuição de energia pública usam corrente alternada. Segundo Munoz-Cruzado-Alba *et al.* (2016), as redes fracas têm um número relativamente pequeno de cargas da fonte de energia comparadas a uma rede elétrica nacional convencional, por isso qualquer mudança inesperada pode variar a tensão e frequência do sistema e, conseqüentemente, levarão o sistema solar a reduzir sua produção de saída. Para Khouzam (1999), os sistemas fotovoltaicos conectados à rede devem usar inversores padronizados e projetados com configurações de disparo de frequência e tensão fixas, de acordo com os códigos e requisitos aplicáveis.

É preciso manter a frequência da rede, mas para isso os operadores da rede devem ser capazes de prever com precisão o quão forte o sol brilharia e uma previsão tão exata é quase impossível. Um pequeno erro de julgamento desencadeará flutuações de frequência e, portanto, instabilidade na rede. A perda de luz solar ou o desvio de nuvens sobre uma usina solar pode reduzir significativamente sua produção de energia e, se a usina solar estiver fornecendo uma

parcela importante da energia da rede, essa rápida perda de energia poderá resultar na queda da frequência da rede bem abaixo de 50 Hz, causando instabilidade da rede ou mesmo um apagão (HAIRAT e GHOSH, 2017).

Armazenamento de energia

O armazenamento de energia consiste basicamente em guardar a energia produzida para mais tarde ser utilizada. As tecnologias de armazenamento de energia permitem ajustar as diferenças temporais e geográficas entre a oferta e a demanda de eletricidade. Além disso, combinando diferentes fontes de energia no mesmo sistema de geração aumenta a eficiência do sistema, onde uma fonte de energia compensa as falhas e fragilidades da outra na produção. Para o sistema de armazenamento de energia é necessário um custo adicional em equipamentos, tais como baterias.

De acordo com Adesanya e Pearce (2019), a economia aumenta com a adição de baterias para o sistema fotovoltaico acoplado a sistemas híbridos. O armazenamento facilita fornecer um meio para o aumento da penetração de energia solar, o que reduz o uso de outras fontes de energia, melhorando os benefícios financeiros. Eshraghi *et al.* (2019) falam que o uso de dispositivos de armazenamento geralmente resulta em custos mais altos e menor produção, mas isso não torna o uso desses dispositivos infundado. Geralmente, o uso de armazenamentos melhora a qualidade da saída e pode causar uma economia considerável de custos, caso se pretenda satisfazer uma certa demanda. Estes autores também concluem que, além das condições técnicas e econômicas, outros fatores estão envolvidos na atratividade do investimento em tecnologias de armazenamento, incluindo a garantia de uma vida útil do sistema, mesmo quando este não for utilizado por um longo período.

Adesanya e Pearce (2019) falam que o dimensionamento do sistema de bateria geralmente é feito para absorver o excesso de energia produzido pelos módulos solares, que pode ser utilizado quando a luz solar não estiver disponível. Segundo eles, as baterias devem estar no mesmo nível operacional em termos de tipo, idade, fabricante e temperatura do sistema. Segundo Bimenyimana *et al.* (2019), nos sistemas de armazenamento de energia, as baterias são conectadas para armazenar a energia a ser usada pela demanda, uma vez que não haja radiação ou luz solar disponível.

Hoppmann *et al.* (2014) investigaram as condições em que o armazenamento por bateria seria viável economicamente em sistemas fotovoltaicos residenciais sem suporte de políticas e, considerando uma família economicamente racional, os investimentos em armazenamento de baterias já são lucrativos para pequenos sistemas fotovoltaicos residenciais. O sistema e os tamanho de armazenamento aumentam com o tempo, de modo que as famílias se tornam produtoras líquidas de eletricidade se tiverem acesso ao mercado de energia. Desenvolvimentos que levam a um aumento ou queda no preço de venda da energia contribuem ainda mais para a viabilidade econômica do armazenamento.

Eficiência

A eficiência dos painéis solares está diretamente relacionada à quantidade de energia da luz solar captada que o painel converte em energia elétrica. Essa eficiência pode ser afetada por diversos motivos, como já foi discutido em outros fatores, e a queda na eficiência dos módulos

solares causa perda na qualidade da produção de energia, podendo tornar o projeto inviável financeiramente. Segundo Sampaio e Gonzalez (2017), a pesquisa em células solares visa aumentar a eficiência de conversão de energia solar, uma vez que a produção total de energia de uma célula solar é igual ao produto de sua eficiência e vida útil e esses fatores afetam o valor de um sistema de produção de energia baseado na tecnologia fotovoltaica. De acordo com Hosseini *et al.* (2005), um dos principais fatores na avaliação técnica de diferentes usinas solares é a eficiência.

Para Kazem *et al.* (2017), a eficiência do inversor no sistema fotovoltaico é muito importante para o sistema. No estudo deles, foi produzida uma quantidade de 7,4 kWh para a rede com uma eficiência de 4,1 a 8% do sistema. Segundo Cucchiella *et al.* (2018), a energia produzida por uma planta solar fotovoltaica reduziu do primeiro ano de operação para o vigésimo ano devido a um fator de redução de eficiência. Para Mostafaeipour *et al.* (2019), quanto menor a quantidade de perdas de energia, maior a eficiência do sistema solar fotovoltaico, porque menos energia é desperdiçada no sistema.

Chiacchio *et al.* (2019) falam que o principal processo de degradação da eficiência depende de fatores meteorológicos, como a velocidade dos ventos, passagem de nuvens nas unidades fotovoltaicas, radiação incidente e temperatura ambiente. Para Goswami *et al.* (2019), a eficiência do sistema solar e a temperatura ambiente têm uma relação indireta entre si, pois o aumento da temperatura provoca a diminuição na produção dos painéis. A maior produção diária de energia das plantas fotovoltaicas, devido ao aumento da eficiência, causa um retorno do investimento maior.

Wang *et al.* (2019) apresentam como as eficiências energéticas afetam o custo total do sistema na vida útil e relatam que a alta eficiência energética tem um alto nível de economia de custos. Na pesquisa deles, o período de retorno do investimento é em torno de 3 anos quando a eficiência é de 90% e aumenta para 4 e 5 anos quando a eficiência cai para 80% e 70%, respectivamente, e quando a eficiência atinge 52% o período de retorno é de 9 anos. Ou seja, quanto maior a eficiência, mais rápido será o retorno do investimento, tornando o projeto mais economicamente viável.

Geração de energia

A quantidade de energia gerada pelo sistema solar afeta diretamente nos custos do sistema, uma vez que os painéis são instalados para gerar energia que atenda a demanda e corte gastos com a compra de energia da rede elétrica convencional. Por essa razão, é importante avaliar a geração de energia produzida pelo sistema solar fotovoltaico. De acordo com Jo e Jang (2019), o valor do sistema fotovoltaico pode ser melhorado com o efeito de mudança de geração solar, que alivia o congestionamento na rede de distribuição.

Ellabban e Alassi (2019) falam que a maior parte da receita do sistema fotovoltaico depende da energia produzida. A energia útil gerada por um sistema fotovoltaico depende de muitos fatores, como a potência instalada, a radiação solar, a orientação do painel fotovoltaico, as condições ambientais (sombra, temperatura, sujeira, neve etc.) e as diferentes eficiências dos componentes do sistema. Segundo Viana *et al.* (2019), o uso do sistema fotovoltaico resultaria em uma redução na demanda diária que seria contratada pela rede elétrica, o que, por sua vez, geraria economia, tratadas como receita financeira no fluxo de caixa do projeto. Essa premissa

constitui o efeito da diminuição da demanda devido à geração de eletricidade pelo sistema fotovoltaico solar.

Para Mehrpooya *et al.* (2019), a geração de energia elétrica solar híbrida depende principalmente da taxa de radiação solar e é afetada pela posição do sol durante o dia, pelas condições ambientais e pela velocidade do vento. Podem ser obtidos altos valores de geração de energia elétrica solar híbrida quando a taxa de radiação solar e a temperatura ambiente são suficientemente altas e a velocidade do vento é baixa. De acordo com Jamali *et al.* (2019), a situação climática tem bastante influência na produção de energia, com aumento da velocidade do vento e redução da temperatura ambiente, levando ao aumento da geração de energia.

Tempo de operação e manutenção

O tempo de operação e manutenção é o período em que o sistema está de fato operando ou o tempo que o sistema está parado por algum evento, como para manutenção, reparo, troca ou limpeza dos equipamentos. Alguns estudos consideram esse tempo na análise de viabilidade econômica, impactando nos custos do projeto. De acordo com Mohammadi *et al.* (2018), o custo do gerador doméstico depende do horário de operação e custo de manutenção e o perfil de carga solicitada de energia é definido de acordo com a quantidade de horas de operação e o período real de operação dos aparelhos de armazenamento no sistema solar conectado à rede depende do cronograma de falta de energia.

Bimenyimana *et al.* (2019) falam que os custos de armazenamento do sistema dependem também do tempo de operação das baterias. Para eles, as baterias operam 4380 horas por ano e tem autonomia de 17,5 horas e uma vida útil esperada de 10 anos. Segundo Serrano-Sanchez *et al.* (2019), dependendo das horas de operação, o armazenamento térmico é um fator crítico que aumenta o custo do investimento da usina solar em mais de 60%, quando oferece operação confiável por média 15 horas, em comparação a 6 horas de operação. San Miguel e Corona (2018) aconselham a hibridação do sistema solar fotovoltaico, permitindo mais horas de operação funcional e, portanto, maior geração e receita de energia. A hibridação também melhorariam a indisponibilidade, o que permitiria aos operadores da usina adaptar a geração a períodos horários quando os preços de mercado forem mais altos, aumentando assim as receitas monetárias.

Segundo Wang *et al.* (2019), um longo período de operação do sistema solar causa uma redução no consumo de outras fontes energéticas, o que também reduz significativamente os custos de operação. Uma redução do uso de outras fontes de energia resulta também na diminuição da quantidade de emissão de gases liberada. Para eles, a fase de operação contribui com a maior parte da liberação de emissões entre todos os estágios de vida considerados.

Tempo de vida útil

Os equipamentos do sistema solar fotovoltaico devem operar em perfeito estado para garantir a qualidade de geração de energia, porém, como toda ferramenta, eles se desgastam com o tempo, devido a frequência de uso, fatores ambientais, envelhecimento etc. Por esse motivo, deve-se considerar uma estimativa de tempo em que esses equipamentos possam ser utilizados sem perder suas características essenciais, e essa estimativa de tempo é determinada pelas empresas fabricantes e fornecida ao comprador. O tempo de vida útil do sistema é usado

como período de avaliação do fluxo de caixa na análise de viabilidade econômica. É nesse período que serão consideradas entradas e saídas de caixa na análise do projeto.

Estudos anteriores sobre a análise econômica de sistemas fotovoltaicos solares estabeleceram a vida útil do sistema fotovoltaico solar entre 20 e 40 anos. Se a vida útil real do sistema exceder o tempo de garantia, o desempenho do painel fotovoltaico solar não poderá ser garantido devido à degradação. Além disso, devido ao aumento dos custos de operação e manutenção, o painel fotovoltaico atinge sua vida econômica. Assim, o período de garantia determinado pelos fabricantes de painéis fotovoltaicos solares é geralmente o tempo usado como a vida útil do sistema fotovoltaico solar (LEE *et al.* 2018).

Ouedraogo e Yamegueu (2019) utilizaram métodos de análise de viabilidade econômica baseados no tempo de vida útil do sistema. Segundo eles, o cálculo do custo nivelado de energia pode ser definido como a soma de todos os custos descontados durante a vida útil do projeto, divididos pelas unidades de energia descontada produzida, e o cálculo do VPL considera todos os custos e receitas incorridos durante a vida útil do projeto e o valor do investimento inicial, todos descontados na data zero. Chiacchio *et al.* (2019) falam que a vida útil dos equipamentos varia dependendo do ambiente e de como são operados. Para Talavera *et al.* (2019), um aumento na vida útil de um sistema fotovoltaico pode significar melhorias importantes na competitividade de custos de um sistema fotovoltaico, porque produz energia por mais tempo. Analisando o custo nivelado de eletricidade produzido durante toda a duração do sistema, aumentando a vida útil de 20 para 35 anos (75%), melhora a viabilidade econômica em 17%.

Degradação dos painéis

A degradação é um fator que leva em consideração o desgaste dos painéis solares. Com o passar do tempo, os equipamentos vão perdendo qualidade e seus preços vão se depreciando. São várias as causas da degradação dos painéis, como o superaquecimento, o envelhecimento natural, o acúmulo de sujeira etc. O fator de degradação é considerado nos estudos como uma taxa de redução na eficiência de geração elétrica, e também nos valores do sistema solar como forma de depreciação.

A degradação dos painéis provoca um aumento nos custos da eletricidade da geração solar fotovoltaica. Para Hammad *et al.* (2017), o custo da eletricidade aumenta com o tempo durante a vida útil do sistema, pois a produção total diminui com a degradação anual dos módulos. Tervo *et al.* (2018) discutem que em qualquer análise econômica os resultados dependem dos custos dos componentes, métodos de financiamento, eficiência e as taxas de degradação selecionadas para o modelo do sistema solar. Esses valores afetam tanto a utilização de eletricidade quanto os parâmetros de valor futuro que afetam a utilização de eletricidade (no caso de taxa de desconto).

De acordo com Choi *et al.* (2018), os módulos fotovoltaicos se degradam no desempenho devido à idade ao longo da vida útil e, em consequência disto, a geração futura de energia do sistema é estimada usando a geração de energia do primeiro ano normalizada e, em seguida, diminuída anualmente para levar em conta a degradação do desempenho devido à idade. Para San Miguel e Corona (2018), a degradação dos componentes do sistema solar causa uma redução cumulativa de 0,2% por ano na geração de energia, que é levada em consideração para determinar a produção líquida de energia ao longo da vida útil do sistema.

McTigue *et al.* (2018) falam que além da bateria, os componentes da planta solar sofrem degradação com o tempo e alguns equipamentos precisam ser substituídos. Eles consideram uma taxa de 1% de degradação e reposição de peças, mas se a planta for operada de maneira ineficaz, as taxas de degradação podem ser maiores. Para Lee *et al.* (2018), como os sistemas solares sofrem um declínio de seu desempenho técnico ao longo do tempo, é importante determinar e assumir a taxa de degradação do sistema para realizar análises de viabilidade. Segundo Talavera *et al.* (2017), a energia gerada com qualquer usina fotovoltaica também é influenciada pela degradação dos módulos durante sua vida útil. Portanto, é necessário definir uma taxa anual de degradação na eficiência dos módulos fotovoltaicos da planta solar.

Ângulo de inclinação

Para muitos autores, a inclinação em que os painéis solares serão instalados vai influenciar diretamente na captação de energia do sol e, conseqüentemente, na rentabilidade do projeto. Assim, para tirar o máximo proveito do sistema, deve-se estudar uma inclinação ideal dos painéis, mas a luz solar não é constante durante todo o dia, por esse motivo a inclinação ideal em um determinado horário é diferente em outro horário. Diversos pesquisadores estudam a melhor inclinação, onde os painéis terão maior eficiência na maior parte do dia, ou até mesmo a possibilidade de se alterar a inclinação dos painéis ao longo do dia à medida que a luz do sol muda de direção.

Segundo Xu *et al.* (2019), os painéis solares são inclinados para aumentar a eficiência da radiação solar sobre eles, e é necessário maximizar o rendimento de energia solar para determinar o ângulo de inclinação ideal. Para eles, ajustando os painéis para o ângulo de inclinação ideal, o rendimento de energia solar pode ser elevado de acordo com o local. De acordo com Asif *et al.* (2019), a saída de um sistema solar fotovoltaico é bastante influenciada pela orientação e ângulo de inclinação dos painéis instalados. Awan (2019) alerta que uma inclinação muito grande pode provocar sombra entre os painéis. Para ele, os módulos fotovoltaicos inclinados têm um efeito de sombreamento automático que diminui a eficiência de desempenho das matrizes fotovoltaicas paralelas, mas essa eficiência pode ser melhorada aumentando a distância entre as matrizes paralelas.

De acordo com De Lara *et al.* (2019), é necessário determinar os ângulos de inclinação dos painéis para maximizar a geração de energia solar, mas para garantir que os painéis sejam instalados nesse ângulo, seria necessário investir em estruturas de suporte dos painéis e, por isso, geralmente é decidido usar a estrutura existente (do telhado, como no caso) que tem uma inclinação fixa. Khalid e Junaidi (2013) sugerem que a usina fotovoltaica tenha instalação de inclinação fixa, pois se espera que a usina de inclinação fixa tenha baixos custos de operação e manutenção, por não utilizarem componentes com peças móveis, como rastreadores. No entanto, é necessária a limpeza regular dos painéis nessas instalações, bem como a substituição ocasional dos inversores.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho foi elaborado com a finalidade de se conhecer e estudar fatores que podem influenciar na viabilidade econômica de projetos de duas fontes de energia renovável: a energia

eólica e a energia solar. Como metodologia de trabalho, foram realizados dois processos de RSL divididos em três fases: entrada; processamento; e saída. Na fase de entrada definiu-se, entre outras coisas, a base de dados onde seriam realizadas as buscas principais pelos trabalhos a serem analisados, e a *Web of Science* foi a plataforma definida para esta finalidade. As buscas iniciais dos trabalhos geraram um resultado de 219 e 485 artigos e revisões para trabalhos sobre viabilidade econômica em energia eólica e em energia solar, respectivamente. Ao serem analisados os trabalhos das amostras, depois de lidos e revisados, a amostra final foi definida com 120 e 234 trabalhos sobre a viabilidade econômica do investimento em energia eólica e solar, respectivamente. Os trabalhos da amostra final foram sintetizados e analisados a fim de identificar os fatores de impacto na análise financeira dessas fontes energéticas.

Depois de definidas, as amostras finais foram caracterizadas de acordo com as informações consideradas mais relevantes na literatura. Analisando as principais características das amostras finais, foi possível perceber o crescimento do interesse por estudos nessas áreas de pesquisa, através do número de artigos por ano de publicação, além da relevância destes trabalhos para a literatura, sendo observada através do número geral e média de citações. Pelo número de citações, Blanco (2009) pôde ser visto como a referência de maior relevância na amostra sobre a viabilidade econômica de energia eólica, seguido por Greenblatt *et al.* (2007) e Diaf *et al.* (2008). Já na amostra de artigos sobre a viabilidade econômica de energia solar, Branker *et al.* (2011) se mostrou a referência de maior relevância na literatura, pelo alto número de citações, acompanhado de referências como Azzopardi *et al.* (2011) e Hoppmann *et al.* (2014). Pelos locais de publicação foi possível se ter ideia das regiões onde tem tido maior interesse na área de estudo, além de notar as semelhanças e diferenças entre os trabalhos de acordo com a região. Também foi realizada uma análise de rede de dados a fim de estudar sobre os principais termos usados como palavras-chave dos trabalhos e as ligações entre eles, onde observou-se os termos que tão sendo mais utilizados atualmente e aqueles que estão sendo deixados de se utilizar.

Para a análise de viabilidade econômica de energia eólica, o termo “*wind energy*” é o que aparece em maior destaque, sendo ainda utilizado em trabalhos mais atuais. Há novos termos sendo introduzidos nos trabalhos mais recentes, como “*wind speed*” e “*wind power density*”, por exemplo, e termos que estão se tornando obsoletos, como “*economic analysis*” e “*economic viability*”, que aparecem apenas em estudos mais antigos.

Na análise de viabilidade econômica de energia solar, “*photovoltaic*” é o termo mais utilizado como palavra-chave da amostra, junto ao termo “*solar energy*”. Os termos “*economic assessment*”, “*lcoe*” e “*self-consumption*” têm aparecido na literatura mais recente, enquanto que “*net metering*” e “*techno-economic analysis*”, por exemplo, estão se tornando ultrapassados.

Na identificação dos parâmetros de impacto, os fatores encontrados nos dois processos de RSL foram classificados, de forma semelhante, em cinco categorias: (1) fatores de localização; (2) fatores econômicos; (3) fatores políticos; (4) fatores climáticos e ambientais; e (5) fatores técnicos.

Para o processo de RSL sobre a energia eólica, o resultado trouxe um total de 23 parâmetros destacados como fatores de impacto na viabilidade econômica do investimento em

energia eólica. Analisando os trabalhos e observando os fatores identificados, ficou evidente que estes fatores dependem muito do local de onde está sendo avaliado.

Há fatores que podem ser interessantes na avaliação em algumas regiões, como exemplo é possível verificar que para alguns estudos é importante avaliar a variação do vento ao longo do dia (horários de pico e de menor velocidade do vento), enquanto para outros autores é importante apenas conhecer a média geral da velocidade do vento. Esta diversidade nos estudos torna interessante, para a avaliação econômica de energia eólica, conhecer todos os parâmetros que estão sendo examinados e avaliar quais deles devem ser considerados em cada caso de estudo.

Sobre os fatores de impacto no investimento em energia eólica, a potência instalada foi identificada em todos os trabalhos presentes na amostra, o que pode já ser um resultado esperado por muitos, pois este fator influencia diretamente em outros fatores ligados aos custos de investimento, como o custo de instalação, a economia de energia gerada pela produção de energia eólica, condições de financiamento, entre outros. Apesar de ser um fator que pode ser visto como uma escolha do investidor (e não como um risco de viabilidade econômica), dependendo dessa escolha o investimento pode-se tornar menos ou mais viável, pois uma maior potência gera mais energia e encarece o custo de investimento, de forma contrária um projeto com potência menor instalada torna o custo de investimento mais baixo, porém produzindo menos eletricidade.

Além da Potência instalada, o custo de investimento, velocidade do vento, tempo de vida útil e o custo de operação e manutenção foram fatores identificados em mais de 80% dos trabalhos. O custo de investimento é um fator que depende de outras características do projeto, como a própria potência a ser instalada e, em alguns casos, a distância do fornecedor ao local onde será instalado, acrescentando custos de instalação e transporte. A velocidade do vento não é um custo direto, mas influencia diretamente na viabilidade econômica do projeto, pois é o que caracteriza o potencial eólico do local onde será gerada a energia através do vento. O tempo de vida útil é um fator que impacta diretamente na economia porque é ele que indica o efetivo funcionamento das turbinas para definir, entre outras coisas, o tempo em que vai durar o projeto e até onde vai ser considerado o fluxo de caixa. O custo de operação e manutenção, assim como outros fatores, depende de outros parâmetros, como o tempo em que vai durar o projeto e o tamanho do projeto (potencial de energia instalado), geralmente esse custo é considerado como um percentual do custo total de investimento e devem ser levados em consideração para garantir o bom funcionamento do projeto até o final do período de vida útil.

Outros fatores foram identificados nos trabalhos sobre energia eólica com menor frequência, mas não menos importantes. Alguns dos autores, por exemplo, têm dado atenção às condições de financiamento através de políticas públicas, como a taxa de juros cobrada, o prazo de financiamento e o valor financiado pelo governo. Tais condições podem oferecer uma amortização no custo de investimento, que pode ajudar a tornar o projeto viável.

De acordo com o segundo processo de RSL, sobre viabilidade econômica do investimento em energia solar, alguns fatores sofrem muita variação de região para região, como é o caso da radiação solar, a tarifa de energia, a temperatura e as políticas de incentivo, por exemplo. Cada fator acaba sendo influenciado por outro, o que reforça a necessidade de análise de todos os parâmetros possíveis para cada caso de estudo. Quando comparados aos

locais de publicação, pode-se notar também a diversidade de estudos, os meios e fatores considerados em cada trabalho muitas vezes varia muito de acordo com a região.

Para o investimento em energia solar, o custo inicial de investimento foi o fator que mais apareceu na amostra. Como foi visto, esse fator é considerado na maioria dos métodos como referencial de avaliação econômica dos projetos, porém o investimento inicial por si só não é suficiente para saber se um projeto é viável ou não financeiramente, pois há outros fatores que influenciam nessa viabilidade. Nos trabalhos sobre a energia solar foram estudados outros 28 parâmetros, que apareceram com menor frequência, mas que podem não ser menos importantes que o custo de investimento.

Além do custo inicial de investimento, a geração de energia, o custo de operação e manutenção, a radiação solar e o tempo de vida útil são os parâmetros que aparecem em maior destaque no impacto financeiro do investimento em energia solar. Foi visto que a geração de energia, por exemplo, pode representar a maior parte da receita do sistema fotovoltaico, e que esse fator depende de outras variáveis, como a potência instalada, a radiação solar, a orientação dos painéis, eficiência e condições ambientais.

Comparando-se os estudos de viabilidade financeira dos dois sistemas de energia, eólica e solar, é possível notar que muitos fatores de impacto se repetem, como a localização das instalações, o custo de investimento, o custo de operação e manutenção, o custo de energia, taxas e impostos etc. Mesmo aqueles fatores que não se repetem aqui entre as duas energias, possuem características semelhantes e foram separados às mesmas classificações.

Como sugestão para suprir as carências de cada energia e maximizar a eficiência na geração de energia elétrica, muitos autores indicam a hibridização dos sistemas. Sendo assim, em períodos com velocidade baixa do vento e alta temperatura do ambiente, o sistema de energia solar poderia compensar a queda de produção do sistema de energia eólica, por exemplo, e o mesmo poderia ocorrer do contrário. Além disso, fica evidente a necessidade de políticas públicas de incentivo que facilitem o investimento nessas energias. Este trabalho pode sugerir estratégias nessas políticas de incentivo, de acordo com os fatores que podem impactar no investimento de energia eólica ou solar, além de oferecer indicações de fatores que devem ser analisados pelos investidores que desejam investir nas instalações.

Além dos fatores que foram identificados e mencionados aqui, que de alguma forma podem ser previstos ou calculados, há fatores imensuráveis que podem influenciar bastante na decisão da instalação de sistemas de energia eólica ou solar e que têm sido uns dos maiores motivos de incentivo na produção de energias renováveis, que são os fatores socioambientais, como a redução na emissão de gases na atmosfera, a diminuição de impactos ambientais causados na geração elétrica, a melhoria da qualidade de vida etc. Estes fatores devem ser levados em questão e podem ser levados em consideração na elaboração de políticas públicas de incentivo.

Conhecer estes fatores e a forma como eles têm sido tratados na literatura, pode ser de extrema relevância no auxílio a investidores e pesquisadores, de modo que eles possam identificar e considerar as variáveis mais adequadas para seus estudos.

Com base nas conclusões desta pesquisa, trabalhos futuros podem: (i) avaliar as melhores localizações para a instalação de turbinas eólicas ou de painéis fotovoltaicos considerando os fatores de impacto identificados; (ii) estudar o grau de impacto destes fatores na economia dos sistemas; (iii) realizar uma análise de sensibilidade utilizando os parâmetros identificados; (iv) realizar um mapeamento de risco, identificando quais fatores causam mais impacto financeiro de acordo com a região; (v) analisar a viabilidade econômica de projetos de energias eólica e solar fotovoltaica, de acordo com os fatores de impacto, em um estudo de caso seguindo critérios de viabilidade usados na literatura; (vi) propor políticas de incentivo na geração de energia eólica e energia solar, levando em consideração os fatores de impacto que foram identificados.

REFERÊNCIAS

- ABDELHADY, S.; BORELLO, D.; SHABAN, A. Assessment of levelized cost of electricity of offshore wind energy in Egypt. *Wind Engineering*, v.41, p.160-173, 2017.
- ABNAVI, M. D.; MOHAMMADSHAFIE, N.; ROSEN, M. A.; DABBAGHIAN, A.; FAZELPOUR, F. Techno-economic feasibility analysis of stand-alone hybrid wind/photovoltaic/diesel/battery system for the electrification of remote rural areas: Case study Persian Gulf Coast-Iran. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, v.38(5), p.1-15, 2019.
- ADARAMOLA, M.S.; AGELIN-CHAAB, M.; PAUL, S.S. Assessment of wind power generation along the coast of Ghana. *Energy Conversion and Management*, v.77, p.61-69, 2014.
- ADEFARATI, T.; BANSAL, R. C. Reliability and economic assessment of a microgrid power system with the integration of renewable energy resources. *Applied Energy*, v. 206, n. May, p. 911–933, 2017.
- ADEFARATI, T.; OBIKOYA, G. D. Evaluation of Wind Resources Potential and Economic Analysis of Wind Power Generation in South Africa. *International Journal of Engineering Research in Africa*, v.44, p.150-181, 2019.
- ADEREMI, B. A. et al. Techno-economic feasibility of hybrid solar photovoltaic and battery energy storage power system for a mobile cellular base station in Soshanguve, South Africa. *Energies*, v. 11, n. 6, 2018.
- ADESANYA, A. A.; PEARCE, J. M. Economic viability of captive off-grid solar photovoltaic and diesel hybrid energy systems for the Nigerian private sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 114, n. July, p. 109348, 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil. 3ª ed. 236 p. Brasília: Aneel, 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (Brasil). Energia Solar. Atlas da Energia Elétrica do Brasil. 14 p. Brasília: Aneel, 2005.
- AJAYI, O. O.; OHIJEAGBON, O. D. Feasibility and techno-economic assessment of stand-alone and hybrid RE for rural electrification in selected sites of south eastern Nigeria. *International Journal of Ambient Energy*, v.38, p.55-68, 2017.
- AKDAG, S.A.; GULER, O. Calculation of Wind Energy Potential and Economic Analysis by Using Weibull Distribution-A Case Study from Turkey. Part 1: Determination of Weibull Parameters. *Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy*, v.4, p.1-8, 2009.
- AKIKUR, R. K. et al. Economic feasibility analysis of a solar energy and solid oxide fuel cell-based cogeneration system in Malaysia. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 18, n. 3, p. 669–687, 2016.
- AKIKUR, R. K. et al. Performance analysis of a co-generation system using solar energy and SOFC technology. *Energy Conversion and Management*, v. 79, p. 415–430, 2014.
- ALBADI, M.H.; AL-BUSAIDI, A.S.; EL-SAADANY, E.F. Seawater PHES to Facilitate Wind Power Integration in Dry Coastal Areas - Duqm Case Study. *International Journal of Renewable Energy Research*, v.7, p.1363-1375, 2017.
- ALBANI, A.; IBRAHIM, M. Z.; YONG, K. H. The feasibility study of offshore wind energy potential in Kijal, Malaysia: the new alternative energy source exploration in Malaysia. *Energy Exploration & Exploitation*, v.32, p.329-344, 2014.

- ALHAJ, M.; AL-GHAMDI, S. G. Why is powering thermal desalination with concentrated solar power expensive? assessing economic feasibility and market commercialization barriers. *Solar Energy*, v. 189, n. July, p. 480–490, 2019.
- ALI, S.; LEE, S. M.; JANG, C. M. Techno-Economic Assessment of Wind Energy Potential at Three Locations in South Korea Using Long-Term Measured Wind Data. *Energies*, v.10, n.1442, 2017.
- AL-NASSAR, W. K.; NEELAMANI, S.; AL-SALEM, K. A.; AL-DASHTI, H. A. Feasibility of offshore wind energy as an alternative source for the state of Kuwait. *Energy*, v.169, p.783-796, 2019.
- AL-SAQLAWI, J.; MADANI, K.; DOWELL, N. MAC. Techno-economic feasibility of grid-independent residential roof-top solar PV systems in Muscat, Oman. *Energy Conversion and Management*, v. 178, n. October, p. 322–334, 2018.
- ALSHARIF, M. H. A solar energy solution for sustainable third generation mobile networks. *Energies*, v. 10, n. 4, p. 1–17, 2017.
- AL-SOUD, M. S.; HRAYSHAT, E. S. A 50 MW concentrating solar power plant for Jordan. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, n. 6, p. 625–635, 2009.
- ANAGNOSTOPOULOS, P.; SPYRIDAKI, N. A.; FLAMOS, A. A “new-deal” for the development of photovoltaic investments in Greece? A parametric techno-economic assessment. *Energies*, v. 10, n. 8, 2017.
- ANDIKA, R. et al. Techno-economic assessment of technological improvements in thermal energy storage of concentrated solar power. *Solar Energy*, v. 157, n. June, p. 552–558, 2017.
- AQUILA, G.; ROCHA, L. C. S.; ROTELA JUNIOR, P.; PAMPLONA, E. O.; QUEIROZ, A. R.; PAIVA, A. P. Wind power generation: An impact analysis of incentive strategies for cleaner energy provision in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v.137, p.1100-1108, 2016.
- AQUILA, G.; ROTELA JUNIOR, P.; PAMPLONA, E. O.; QUEIROZ, A. R. Wind power feasibility analysis under uncertainty in the Brazilian electricity market. *Energy Economics*, v.65, p.127-136, 2017.
- ARABKOOHSAR, A.; MACHADO, L.; KOURY, R. N. N. Operation analysis of a photovoltaic plant integrated with a compressed air energy storage system and a city gate station. *Energy*, v. 98, p. 78–91, 2016.
- ARGATOV, I.; SHAFRANOV, V. Economic assessment of small-scale kite wind generators. *Renewable Energy*, v.89, p.125-134, 2016.
- ARSALIS, A.; ALEXANDROU, A. N.; GEORGHIOU, G. E. Thermoeconomic modeling and parametric study of a photovoltaic-assisted 1 MWe combined cooling, heating, and power system. *Energies*, v. 9, n. 8, p. 1–15, 2016.
- ASAE, S. R. et al. Techno-economic assessment of photovoltaic (PV) and building integrated photovoltaic/thermal (BIPV/T) system retrofits in the Canadian housing stock. *Energy and Buildings*, v. 152, p. 667–679, 2017.
- ASAE, S. R.; UGURSAL, V. I.; BEAUSOLEIL-MORRISON, I. Techno-economic assessment of solar assisted heat pump system retrofit in the Canadian housing stock. *Applied Energy*, v. 190, p. 439–452, 2017.
- ASHGAR, A. B.; LIU, X. D. Estimation of wind speed probability distribution and wind energy potential using adaptive neuro-fuzzy methodology. *Neurocomputing*, v.287, p.58-67, 2018.
- ASIF, M. et al. Techno-economic assessment of application of solar PV in building sector: A case study from Saudi Arabia. *Smart and Sustainable Built Environment*, v. 8, n. 1, p. 34–52, 2019.

- ASKARI, I. B.; AMERI, M. Techno economic feasibility analysis of Linear Fresnel solar field as thermal source of the MED/TVC desalination system. *Desalination*, v. 394, p. 1–17, 2016.
- ASKARI, I. B.; AMERI, M. Techno-economic Feasibility Analysis of Stand-alone Renewable Energy Systems (PV/bat, Wind/bat and Hybrid PV/wind/bat) in Kerman, Iran. *Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy*, v.7, p.45-60, 2012.
- ASTARIZ, S.; PEREZ-COLLAZO, C.; ABANADES, J.; IGLESIAS, G. Co-located wave-wind farms: Economic assessment as a function of layout. *Renewable Energy*, v.83, p.837-849, 2015.
- ASUMADU-SARKODIE, S.; OWUSU, P. A. The potential and economic viability of wind farms in Ghana. *Energy Sources Part A-Recovery Utilization and Environmental Effects*, v.38, p.695-701, 2016.
- ASUMADU-SARKODIE, S.; OWUSU, P. A. The potential and economic viability of solar photovoltaic power in Ghana. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, v. 38, n. 5, p. 709–716, 2016.
- ATAEI, A. et al. Techno-economic viability of a hybrid wind and solar power system for electrification of a commercial building in Shiraz, Iran. *Advances in Energy Research*, v. 3, n. 4, p. 251–263, 2015.
- AWAN, A. B. Optimization and techno-economic assessment of rooftop photovoltaic system. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 11, n. 3, 2019.
- AYADI, O.; AL-ASSAD, R.; ASFAR, J. AL. Techno-economic assessment of a grid connected photovoltaic system for the University of Jordan. *Sustainable Cities and Society*, v. 39, p. 93–98, 2018.
- AYODELE, T.R.; OGUNJUYIGBE, A.S.O.; AMUSAN, T.O. Wind power utilization assessment and economic analysis of wind turbines across fifteen locations in the six geographical zones of Nigeria. *Journal of cleaner production*, v.129, p.341-349, 2016.
- AZZOPARDI, B. et al. Economic assessment of solar electricity production from organic-based photovoltaic modules in a domestic environment. *Energy and Environmental Science*, v. 4, n. 10, p. 3741–3753, 2011.
- BABARIT, A.; GILLOTEAUX, J. C.; CLODIC, G.; DUCHET, M.; SIMONEAU, A.; PLATZER, M. F. Techno-economic feasibility of fleets of far offshore hydrogen-producing wind energy converters. *International Journal of Hydrogen Energy*, v.43, p.7266-7289, 2018.
- BABATUNDE, M. O. et al. Techno-economic viability of off-grid standalone PV-powered LED street lighting system in Lagos, Nigeria. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, v. 11, n. 7, p. 807–819, 2019.
- BAHRAMI, A.; OKOYE, C. O.; ATIKOL, U. Technical and economic assessment of fixed, single and dual-axis tracking PV panels in low latitude countries. *Renewable Energy*, v. 113, p. 563–579, 2017.
- BAHRAMI, A.; TEIMOURIAN, A.; OKOYE, C. O.; SHIRI, H. Technical and economic analysis of wind energy potential in Uzbekistan. *Journal of Cleaner Production*, v.223, p.801-814, 2019
- BAKOS, G. C.; PETROGLOU, D. A. Simulation study of a large scale line-focus trough collector solar power plant in Greece. *Renewable Energy*, v. 71, p. 1–7, 2014.
- BAKOS, G. C.; SOURSOS, M. Technical feasibility and economic viability of a grid-connected PV installation for low cost electricity production. *Energy and Buildings*, v. 34, n. 7, p. 753–758, 2002.
- BANESHI, M.; HADIANFARD, F. Techno-economic feasibility of hybrid diesel/PV/wind/battery electricity generation systems for non-residential large electricity consumers under southern Iran climate conditions. *Energy Conversion and Management*, v. 127, p. 233–244, 2016.

- BARAL, S.; KIM, K. C. Stand-alone solar organic Rankine cycle water pumping system and its economic viability in Nepal. *Sustainability (Switzerland)*, v. 8, n. 1, p. 1–18, 2016.
- BARONE, G. et al. Experimentation, modelling and applications of a novel low-cost air-based photovoltaic thermal collector prototype. *Energy Conversion and Management*, v. 195, p. 1079–1097, 2019.
- BELABES, B.; YOUCEFI, A.; GUERRI, O.; DJAMAI, M.; KAABECHE, A. Evaluation of wind energy potential and estimation of cost using wind energy turbines for electricity generation in north of Algeria. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.51, p.1245-1255, 2015.
- BENDATO, I. et al. Stochastic techno-economic assessment based on Monte Carlo simulation and the Response Surface Methodology: The case of an innovative linear Fresnel CSP (concentrated solar power) system. *Energy*, v. 101, p. 309–324, 2016.
- BHAKTA, S.; MUKHERJEE, V. Techno-economic viability analysis of fixed-tilt and two axis tracking stand-alone photovoltaic power system for Indian bio-climatic classification zones. *Journal of Renewable and Sustainable Energy [s.l: s.n.]*. v. 9, 2017.
- BHATTARA, S.; KARK, R.; PIYA, P. Reliability and economic assessment of compressed air energy storage in transmission constrained wind integrated power system. *Journal of Energy Storage*, v.25, p.100830, 2019.
- BIANCHINI, A. et al. Performance analysis and economic assessment of different photovoltaic technologies based on experimental measurements. *Renewable Energy*, v. 85, p. 1–11, 2016.
- BIANCHINI, A. et al. Photovoltaic/thermal (PV/T) solar system: Experimental measurements, performance analysis and economic assessment. *Renewable Energy*, v. 111, p. 543–555, 2017.
- BIANCHINI, A.; PELLEGRINI, M.; SACCANI, C. Solar steam reforming of natural gas integrated with a gas turbine power plant: Economic assessment. *Solar Energy*, v. 122, p. 1342–1353, 2015.
- BILTON, A. M.; KELLEY, L. C.; STEVEN, D. Photovoltaic reverse osmosis - Feasibility and a pathway to develop technology. *Desalination and Water Treatment*, v. 31, n. 1–3, p. 24–34, 2011.
- BIMENYIMANA, S. et al. Photovoltaic solar technologies: Solution to affordable, sustainable, and reliable energy access for all in Rwanda. *International Journal of Photoenergy*, v. 2019, 2019.
- BINA, S. M.; JALILINASRABADY, S.; FUJII, H.; FARABI-ASL, H. A comprehensive approach for wind power plant potential assessment, application to northwestern Iran. *Energy*, v.164, p.344-358, 2018.
- BLANCO, M.I. The economics of wind energy. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.13, p.1372-1382, 2009.
- BLANCO-SILVA, F. et al. Economic viability of a plant of pv autoconsumption in Eu. Price of KWH generated. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, v. 17, n. 1, p. 341–349, 2016.
- BOECK, L. DE et al. Comparison of support policies for residential photovoltaic systems in the major EU markets through investment profitability. *Renewable Energy*, v. 87, p. 42–53, 2016.
- BOJIĆ, M.; BLAGOJEVIĆ, M. Photovoltaic electricity production of a grid-connected urban house in Serbia. *Energy Policy*, v. 34, n. 17, p. 2941–2948, 2006.
- BRAGA, L. B.; SILVEIRA, J. L.; SILVA, M. E.; TUNA, C. E.; MACHIN, E. B.; PEDROSO, D. T. Hydrogen production by biogas steam reforming: A technical, economic and ecological analysis. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.28, p.166-173, 2013.
- BRANKER, K.; PATHAK, M. J. M.; PEARCE, J. M. A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 9, p. 4470–4482, 2011.

- BRUNINI, R. G. et al. Economic analysis of photovoltaic energy in irrigating lettuce crops. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 14, n. 4, 2019.
- BRUSCO, G. et al. The economic viability of a feed-in tariff scheme that solely rewards self-consumption to promote the use of integrated photovoltaic battery systems. *Applied Energy*, v. 183, p. 1075–1085, 2016.
- BUONOMANO, A. et al. A hybrid renewable system based on wind and solar energy coupled with an electrical storage: Dynamic simulation and economic assessment. *Energy*, v. 155, p. 174–189, 2018.
- BUONOMANO, A. et al. Transient analysis, exergy and thermo-economic modelling of façade integrated photovoltaic/thermal solar collectors. *Renewable Energy*, p. 109–126, 2019.
- CALDERON, M. D. P.; CALDERON, J. K. M.; MALDONADO, Y. A. M.; CASTRO, A. O. Technical and Economic Evaluation of a Small-Scale Wind Power System Located in Berlin, Colombia. *Tecciencia*, v.13, p.63-72, 2018.
- CAMILO, F. M. et al. Economic assessment of residential PV systems with self-consumption and storage in Portugal. *Solar Energy*, v. 150, p. 353–362, 2017.
- CAPALLERO, M. Prediction of site specific wind energy value factors. *Renewable Energy*, v.87, p.430-436, 2016.
- CARRIÇO, J. et al. Technical and economic assessment of a 450 W autonomous photovoltaic system with lithium iron phosphate battery storage. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, v. 6, n. 1, p. 129–149, 2018.
- CASTRO, R. Introdução à Energia Eólica, Energias Renováveis e Produção Descentralizada. *Energias Renováveis e Produção Descentralizada*, vol. 2009, 4ª ed., 94 p., 2009.
- CASTRO-SANTOS, L.; FILGUEIRA-VIZOSO, A.; CARRAL-COUCÉ, L. Economic feasibility of floating offshore wind farms. *Energy*, v.112, p.868-882, 2016.
- CELIK, A. N. Present status of photovoltaic energy in Turkey and life cycle techno-economic analysis of a grid-connected photovoltaic-house. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 10, n. 4, p. 370–387, 2006.
- CELLURA, M. et al. Photovoltaic electricity scenario analysis in urban contexts: An Italian case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 4, p. 2041–2052, 2012.
- CHADEGANI, A. A.; SALEHI, H.; YUNUS, M. M.; FARHADI, H.; FOOLADI, M.; FARHADI, M.; EBRAHIM, M. A. A comparison between two main academic literature collections: web of science and scopus databases. *Asian Social Science*, v.9, n.5, p.18-26, 2013.
- CHIACCHIO, F.; FAMOSO, F.; CEDOLA, L. Performance and economic assessment of a Grid-Connected Photovoltaic Power Plant with a Storage System: A comparison between the North and the South of Italy. *Energies*, v. 12, n. 12, 2019.
- CHIARONI, D. et al. Evaluating solar energy profitability: A focus on the role of self-consumption. *Energy Conversion and Management*, v. 88, p. 317–331, 2014.
- CHOI, H. J. et al. Economic feasibility of a PV system for grid-connected semiconductor facilities in South Korea. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, v. 14, n. 11, p. 2033–2041, 2013.
- CHOI, W. et al. An economic analysis comparison of stationary and dual-axis tracking grid-connected photovoltaic systems in the US Upper Midwest. *International Journal of Sustainable Energy*, v. 37, n. 5, p. 455–478, 2018.

- CHOI, Y.; SONG, J. Sustainable development of abandoned mine areas using renewable energy systems: A case study of the photovoltaic potential assessment at the tailings dam of abandoned Sangdong mine, Korea. *Sustainability (Switzerland)*, v. 8, n. 12, 2016.
- CORONA, B. et al. Full environmental life cycle cost analysis of concentrating solar power technology: Contribution of externalities to overall energy costs. *Solar Energy*, v. 135, p. 758–768, 2016.
- CUCCHIELLA, F. et al. Solar photovoltaic panels combined with energy storage in a residential building: An economic analysis. *Sustainability (Switzerland)*, v. 10, n. 9, 2018.
- CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; GASTALDI, M. The economic feasibility of residential energy storage combined with PV panels: The role of subsidies in Italy. *Energies*, v. 10, n. 9, 2017.
- CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; ROSA, P. Industrial photovoltaic systems: An economic analysis in non-subsidized electricity markets. *Energies*, v. 8, n. 11, p. 12865–12880, 2015.
- SILVA, N.F.; ROSA, L. P.; FREITAS, M. A. V.; PEREIRA, M. G. Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.22, p.686-697, 2013.
- SILVA, R.C.; NETO, I.D.; SEIFERT, S.S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.59, p.328-341, 2016.
- DAGTEKIN, M. et al. A study of techno-economic feasibility analysis of solar photovoltaic (PV) power generation in the province of Adana in Turkey. *Energy Exploration and Exploitation*, v. 32, n. 4, p. 719–735, 2014.
- DAS, H. S. et al. Feasibility analysis of hybrid photovoltaic/battery/fuel cell energy system for an indigenous residence in East Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 76, n. March 2016, p. 1332–1347, 2017.
- LARA, M. O.; UNSIHUAY-VILA, C.; DA SILVA, V. R. G. R. Technical and economic viability of the installation of a hybrid solar-wind generation system in a Brazilian industry. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.62, p.1-9, 2019.
- OLIVEIRA, A. P. M.; FUGANHOLI, N. S.; CUNHA, P. H. de S.; BARELLI, V. A.; BUNEL, M. P. M.; NOVAZZI, L. F. Análise Técnica E Econômica De Fontes De Energia Renováveis. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, vol. 4, no. 1, p. 0163–0169, 2018.
- VOS, K.; DRIESEN, J. Active participation of wind power in operating reserves. *IET Renewable Power Generation*, v.9, p.566-575, 2015.
- DESROCHERS, G.; BLANCHARD, M.; SUD, S. A Monte-Carlo Simulation Method for the Economic-Assessment of the Contribution of Wind Energy to Power-Systems. *Ieee Transactions On Energy Conversion*, v.1, p.50-56, 1986.
- DIAF, S.; BELHAMEL, M.; HADDADI, M.; LOUCHE, A. Technical and economic assessment of hybrid photovoltaic/wind system with battery storage in Corsica island. *Energy Policy*, v.36, p.743-754, 2008.
- DOWLING, A. W.; ZHENG, T.; ZAVALA, V. M. Economic assessment of concentrated solar power technologies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 72, n. June 2016, p. 1019–1032, 2017.
- DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. *Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD*, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013.
- EDALATI, S. et al. Technical and economic assessments of grid-connected photovoltaic power plants: Iran case study. *Energy*, v. 114, p. 923–934, 2016.

- ELLABBAN, O.; ALASSI, A. Integrated Economic Adoption Model for residential grid-connected photovoltaic systems: An Australian case study. *Energy Reports*, v. 5, p. 310–326, 2019.
- EL-NASHAR, A. M. The economic feasibility of small MED seawater desalination plants for remote arid areas. *Desalination*, v. 134, n. 1–3, p. 173–186, 2001.
- EMMANUEL, M.; AKINYELE, D.; RAYUDU, R. Techno-economic analysis of a 10 kWp utility interactive photovoltaic system at Maungaraki school, Wellington, New Zealand. *Energy*, v. 120, p. 573–583, 2017.
- ERTURK, M. The evaluation of feed-in tariff regulation of Turkey for onshore wind energy based on the economic analysis. *Energy Policy*, v.45, p.359-367, 2012.
- ESHRAHGH, A. et al. An assessment of the effect of different energy storage technologies on solar power generators for different power sale scenarios: The case of Iran. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 34, n. April, p. 62–67, 2019.
- ESPINOZA, R. et al. Feasibility evaluation of residential photovoltaic self-consumption projects in Peru. *Renewable Energy*, v. 136, p. 414–427, 2019.
- FALTER, C.; BATTEIGER, V.; SIZMANN, A. Climate Impact and Economic Feasibility of Solar Thermochemical Jet Fuel Production. *Environmental Science and Technology*, v. 50, n. 1, p. 470–477, 2016.
- FANG, R. M. Life cycle cost assessment of wind power-hydrogen coupled integrated energy system. *International Journal of Hydrogen Energy*, v.44, p.29399-29408, 2019.
- FARIAS-ROCHA, A. P. et al. Solar photovoltaic policy review and economic analysis for on-grid residential installations in the Philippines. *Journal of Cleaner Production*, v. 223, p. 45–56, 2019.
- FAZELPOUR, F.; MARKARIAN, E.; SOLTANI, N. Wind energy potential and economic assessment of four locations in Sistan and Balouchestan province in Iran. *Renewable Energy*, v.109, p.646-667, 2017.
- FAZELPOUR, F.; SOLTANI, N.; SOLTANI, S.; ROSEN, M. A. Assessment of wind energy potential and economics in the north-western Iranian cities of Tabriz and Ardabil. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.45, p.87-99, 2015.
- FELIPE ANDREU, J.; SCHNEIDER, D. R.; KRAJAČIĆ, G. Evaluation of integration of solar energy into the district heating system of the city of Velika Gorica. *Thermal Science*, v. 20, n. 4, p. 1049–1060, 2016.
- FEREIDOONI, M. et al. A comprehensive evaluation of hydrogen production from photovoltaic power station. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 82, n. June 2017, p. 415–423, 2018.
- FOCACCI, A. Residential plants investment appraisal subsequent to the new supporting photovoltaic economic mechanism in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, n. 9, p. 2710–2715, 2009.
- FORTUNATO, B.; TORRESI, M.; DERAMO, A. Modeling, performance analysis and economic feasibility of a mirror-augmented photovoltaic system. *Energy Conversion and Management*, v. 80, n. 2014, p. 276–286, 2014.
- FURUYA, O.; MAEKAWA, S. Technical and Economic-Assessment of Tethered Wind Energy-Systems. *Journal of Solar Energy Engineering-Transactions of the Asme*, v.106, p.327-334, 1984.
- GARCIA, G.; NOGUEIRA, E. F.; BETINI, R. C. Solar energy for residential use and its contribution to the energy matrix of the State of Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 61, n. Specialissue, 2018.
- GARCIA-SAEZ, I. et al. Energy and economic assessment of solar Organic Rankine Cycle for combined heat and power generation in residential applications. *Renewable Energy*, v. 140, p. 461–476, 2019.

- GENC, M. S. Economic Viability of Water Pumping Systems Supplied by Wind Energy Conversion and Diesel Generator Systems in North Central Anatolia, Turkey. *Journal of Energy Engineering-Asce*, v.137, p.21-35,2011.
- GHONEIM, A. A. Design optimization of photovoltaic powered water pumping systems. *Energy Conversion and Management*, v. 47, n. 11–12, p. 1449–1463, 2006.
- GHOSH, S.; NAIR, A.; KRISHNAN, S. S. Techno-economic review of rooftop photovoltaic systems: Case studies of industrial, residential and off-grid rooftops in Bangalore, Karnataka. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 42, p. 1132–1142, 2015.
- GIL, M. D.; GOMIS-BELLMUNT, O.; SUMPER, A. Technical and economic assessment of offshore wind power plants based on variable frequency operation of clusters with a single power converter. *Applied Energy*, v.125, p.218-229, 2014.
- GILLENWATER, M.; LU, X.; FISCHLEIN, M. Additionality of wind energy investments in the U.S. voluntary green power market. *Renewable Energy*, v.63, p.452-457, 2014.
- GIRMA, Z. Techno-economic analysis of photovoltaic pumping system for rural water supply in Ethiopia. *International Journal of Sustainable Energy*, v. 36, n. 3, p. 277–295, 2017.
- GLASSBROOK, K. A.; CARR, A. H.; DROSNES, M. L.; OAKLEY, T. R.; KAMENS, R. M.; GHEEWALA, S. H. Life cycle assessment and feasibility study of small wind power in Thailand. *Energy for Sustainable Development*, v.22, p.66-73, 2014.
- GOMES, L. E. B.; HENKES, J. A. Análise da Energia Eólica no Cenário Elétrico: Aspectos Gerais e Indicadores de Viabilidade Econômica. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, vol. 3, no. 2, p. 463, 2014.
- GONZÁLEZ, R. S.; FLAMANT, G. Technical and economic feasibility analysis of using concentrated solar thermal technology in the cement production process: Hybrid approach-a case study. *Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME*, v. 136, n. 2, p. 1–12, 2014.
- GONZALEZ-APARICIO, I.; KAPETAKI, Z.; TZIMAS, E. Wind energy and carbon dioxide utilisation as an alternative business model for energy producers: A case study in Spain. *Applied energy*, v.222, p.216-227, 2018.
- GOSWAMI, A. et al. Floating solar power plant for sustainable development: A techno-economic analysis. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, v. 38, n. 6, 2019.
- GREEN, M. et al. Solar cell efficiency tables (version 40). *Ieee Trans Fuzzy Syst*, v. 20, n. 6, p. 1114–1129, 2012.
- GREENBLATT, J. B. Baseload wind energy: modeling the competition between gas turbines and compressed air energy storage for supplemental generation. *Energy Policy*, v.35, p.1474-1492, 2007.
- GRIESER, B.; SUNAK, Y.; MADLENER, R. Economics of small wind turbines in urban settings: An empirical investigation for Germany. *Renewable Energy*, v.78, p.334-350, 2015.
- GÜRTÜRK, M. Economic feasibility of solar power plants based on PV module with levelized cost analysis. *Energy*, v. 171, p. 866–878, 2019.
- HAEGERMARK, M.; KOVACS, P.; DALENBÄCK, J. O. Economic feasibility of solar photovoltaic rooftop systems in a complex setting: A Swedish case study. *Energy*, v. 127, p. 18–29, 2017.
- HAIRAT, M. K.; GHOSH, S. 100 GW solar power in India by 2022 – A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 73, n. February, p. 1041–1050, 2017.
- HALDER, P. K. Potential and economic feasibility of solar home systems implementation in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 65, p. 568–576, 2016.

- HAMMAD, B. et al. Performance and economic comparison of fixed and tracking photovoltaic systems in Jordan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 80, n. May, p. 827–839, 2017.
- HAMOUDA, Y. A. Wind energy in Egypt: Economic feasibility for Cairo. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.16, p.3312-3319, 2012.
- HART, C. *Doing a literature review: Releasing the social Science research imagination*. Londres, UK: Sage Publications, 1998.
- HEPBASLI, A. A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy resources for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, n. 3, p. 593–661, 2008.
- HIRTH, L. Market value of solar power: Is photovoltaics costcompetitive? *IET Renewable Power Generation*, v. 9, n. 1, p. 37–45, 2015.
- HIRVONEN, J. et al. Renewable energy production support schemes for residential-scale solar photovoltaic systems in Nordic conditions. *Energy Policy*, v. 79, p. 72–86, 2015.
- HOLDERMANN, C.; KISSEL, J.; BEIGEL, J. Distributed photovoltaic generation in Brazil: An economic viability analysis of small-scale photovoltaic systems in the residential and commercial sectors. *Energy Policy*, v. 67, p. 612–617, 2014.
- HOPPMANN, J. et al. The economic viability of battery storage for residential solar photovoltaic systems - A review and a simulation model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 39, p. 1101–1118, 2014.
- HOSSAIN MONDAL, M. A. Economic viability of solar home systems: Case study of Bangladesh. *Renewable Energy*, v. 35, n. 6, p. 1125–1129, 2010.
- HOSSEINI, R.; SOLTANI, M.; VALIZADEH, G. Technical and economic assessment of the integrated solar combined cycle power plants in Iran. *Renewable Energy*, v. 30, n. 10, p. 1541–1555, 2005.
- HOVSEPIAN, A.; KAISER, M. Economic assessment of the installation of photovoltaic panels at the American University of Armenia. *Energy Sources*, v. 19, n. 7, p. 691–704, 1997.
- HRAYSHAT, E.S. Techno-economic Analysis of Electricity Generation by Means of a Proposed 50 MW Grid-connected Wind Power Plant for Jordan. *Energy Sources Part B-economics Planning and Policy*, v.4, p.247-260, 2009.
- HULIO, Z. H.; JIANG, W.; REHMAN, S. Techno - Economic assessment of wind power potential of Hawke's Bay using Weibull parameter: A review. *Energy Strategy Reviews*, v.26, p.100375, 2019.
- HULIO, Z.; JIANG, W.; REHMAN, S. Technical and economic assessment of wind power potential of Nooriabad, Pakistan. *Energy Sustainability and Society*, v.7, n.35, 2017.
- IEA. *World Energy Balances: Overview*. International Energy Agency, 2018.
- ILSE, K. et al. Techno-Economic Assessment of Soiling Losses and Mitigation Strategies for Solar Power Generation. *Joule*, v. 3, n. 10, p. 2303–2321, 2019.
- IMHOFF, J. *Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos*. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 146 f. 2007.
- IMTIAZ HUSSAIN, M.; ALI, A.; LEE, G. H. Multi-module concentrated photovoltaic thermal system feasibility for greenhouse heating: Model validation and techno-economic analysis. *Solar Energy*, v. 135, p. 719–730, 2016.

- ISA, N. M. et al. A techno-economic assessment of a combined heat and power photovoltaic/fuel cell/battery energy system in Malaysia hospital. *Energy*, v. 112, p. 75–90, 2016.
- ISLAM, M. S. A techno-economic feasibility analysis of hybrid renewable energy supply options for a grid-connected large office building in southeastern part of France. *Sustainable Cities and Society*, v. 38, p. 492–508, 2018.
- ISSUES, G. E. Flexible solar photovoltaic deployments for Singapore: an economic assessment Anton Finenko * and Kamal Soundararajan. v. 39, n. March 2015, p. 157–180, 2016.
- JAMALI, S. et al. Thermal and economic assessment of a solar chimney cooled semi-transparent photovoltaic (STPV) power plant in different climates. *Solar Energy*, v. 185, n. April, p. 480–493, 2019.
- JIE, Z.; LI, D. X.; FARAHANI, M. R.; IMRAN, M.; WANG, S. Economic feasibility of electricity generation from wind farms: A case study. *Energy Sources Part B-economics Planning and Policy*, v.13, p.1-5, 2018.
- JO, B. K.; JANG, G. An evaluation of the effect on the expansion of photovoltaic power generation according to renewable energy certificates on energy storage systems: A case study of the Korean renewable energy market. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 16, 2019.
- JONES, M. A. et al. Economic analysis of photovoltaic (PV) powered water pumping and desalination without energy storage for agriculture. *Desalination*, v. 387, p. 35–45, 2016.
- JUAREZ, A.A. Development of the wind power in Brazil: Political, social and technical issues. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.39, p.828-834, 2014.
- KAABECHE, A.; BELHAMEL, M.; IBTIOUEN, R. Techno-economic valuation and optimization of integrated photovoltaic/wind energy conversion system. *Solar Energy*, v. 85, n. 10, p. 2407–2420, 2011.
- KALDELLIS, J. K.; GAVRAS, T. J. The economic viability of commercial wind plants in Greece - A complete sensitivity analysis. *Energy Policy*, v.28, p.509-517, 2000.
- KANG, M. H. et al. Analysis of a commercial-scale photovoltaics system performance and economic feasibility. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 9, n. 2, 2017.
- KANG, M. S.; PARK, Y. K.; KIM, K. T. Economic feasibility through the optimal capacity calculation model of an energy storage system connected to solar power generator. *Energy and Environment*, 2019.
- KAPSALI, M.; KALDELLIS, J. K.; ANAGNOSTOPOULOS, J. S. Investigating the techno-economic perspectives of high wind energy production in remote vs interconnected island networks. *Applied Energy*, v.173, p. 238-254, 2016.
- KARIMI, M. S. et al. Techno-economic feasibility of building attached photovoltaic systems for the various climatic conditions of Iran. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, v. 38, n. 6, p. 1–13, 2019.
- KARLIS, A. D.; DERMENTZOGLOU, J. C.; PAPADOPOULOS, D. P. Wind energy surveying and technoeconomic assessment of identifiable WEC system installations. *Energy Conversion and Management*, v.42, p.49-67, 2001.
- KASSEM, Y.; GOKCEKUS, H.; CAMUR, H. Economic assessment of renewable power generation based on wind speed and solar radiation in urban regions. *Global Journal of Environmental Science and Management – GJESM*, v.4, p.465-482, 2018.
- KASSEM, Y.; GOKCEKUS, H.; ZEITOUN, M. Modeling of techno-economic assessment on wind energy potential at three selected coastal regions in Lebanon. *Modeling Earth Systems and Environment*, v.5, p.1037-1049, 2019.

- KATSIGIANNIS, Y. A.; STAVRAKAKIS, G. S. Estimation of wind energy production in various sites in Australia for different wind turbine classes: A comparative technical and economic assessment. *Renewable Energy*, v.67, p.230-236, 2014.
- KAZEM, H. A. et al. Techno-economic feasibility analysis of 1MW photovoltaic grid connected system in Oman. *Case Studies in Thermal Engineering*, v. 10, n. May, p. 131–141, 2017.
- KHAENSON, W.; MANEEWAN, S.; PUNLEK, C. Environmental impact analysis of solar power generation process using multicrystalline and amorphous silicon solar cells in Thailand. *International Energy Journal*, v. 17, n. 3, p. 113–123, 2017.
- KHALID, A.; JUNAIDI, H. Study of economic viability of photovoltaic electric power for Quetta - Pakistan. *Renewable Energy*, v. 50, p. 253–258, 2013.
- KHARSEH, M.; WALLBAUM, H. How adding a battery to a grid-connected photovoltaic system can increase its economic performance: A comparison of different scenarios. *Energies*, v. 12, n. 1, 2019.
- KHOUZAM, K. Y. Technical and economic assessment of utility interactive PV systems for domestic applications in South East Queensland. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, v. 14, n. 4, p. 1544–1550, 1999.
- KIRMANI, S.; JAMIL, M.; AKHTAR, I. Economic feasibility of hybrid energy generation with reduced carbon emission. In *IET Renewable Power Generation*, v.12, n.8, p.934-942, 2018.
- KISSEL, J.M.; KRAUTER, S.C.W. Adaptations of renewable energy policies to unstable macroeconomic situations - Case study: Wind power in Brazil. *Energy Policy*, v.34, p.3591-3598, 2006.
- KOLHE, M.; KOLHE, S.; JOSHI, J. C. Economic viability of stand-alone solar photovoltaic system in comparison with diesel-powered system for India. *Energy Economics*, v. 24, n. 2, p. 155–165, 2002.
- KORNELAKIS, A.; KOUTROULIS, E. Methodology for the design optimisation and the economic analysis of grid-connected photovoltaic systems. *IET Renewable Power Generation*, v. 3, n. 4, p. 476–492, 2009.
- KOSE, F.; AKSOY, M. H.; OZGOREN, M. An assessment of wind energy potential to meet electricity demand and economic feasibility in Konya, Turkey. *International Journal of Green Energy*, v.11, p.559-576, 2014.
- KUMAR, J. et al. Analysis of techno-economic viability with demand response strategy of a grid-connected microgrid model for enhanced rural electrification in Uttar Pradesh state, India. *Energy*, v. 178, p. 176–185, 2019.
- KUMAR, K. A.; SUNDARESWARAN, K.; VENKATESWARAN, P. R. Performance study on a grid connected 20kWp solar photovoltaic installation in an industry in Tiruchirappalli (India). *Energy for Sustainable Development*, v. 23, p. 294–304, 2014.
- LAMMOGLIA, J. A. D. M.; BRANDALISE, N. Analysis of economic viability with the use of monte carlo simulation for microgeneration of photovoltaic energy. *Independent Journal of Management & Production*, v. 10, n. 3, p. 1000, 2019.
- LARA FILHO, M. O. DE; UNSIHUAY-VILA, C.; SILVA, V. R. G. R. DA. Technical and economic viability of the installation of a hybrid solar-wind generation system in a Brazilian industry. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 62, n. specialissue, 2019.
- LARI, M. O.; SAHIN, A. Z. Design, performance and economic analysis of a nanofluid-based photovoltaic/thermal system for residential applications. *Energy Conversion and Management*, v. 149, n. July, p. 467–484, 2017.
- LEE, J. et al. Economic feasibility of campus-wide photovoltaic systems in New England. *Renewable Energy*, v. 99, p. 452–464, 2016.

- LEE, K.; KIM, E.; KO, K. Feasibility Study of Energy Self-sufficiency on Chuja Island, Korea using Wind Energy. *International Journal of Renewable Energy Research*, v.9, p.1224-1231, 2019.
- LEE, M. Economic feasibility analysis and policy implication for photovoltaic system at cohousing in KOREA. *Renewable Energy*, v. 144, n. xxxx, p. 30–40, 2019.
- LEE, M. et al. A bottom-up approach for estimating the economic potential of the rooftop solar photovoltaic system considering the spatial and temporal diversity. *Applied Energy*, v. 232, n. June, p. 640–656, 2018.
- LEE, M. et al. A break-even analysis and impact analysis of residential solar photovoltaic systems considering state solar incentives. *Technological and Economic Development of Economy*, v. 24, n. 2, p. 358–382, 2018.
- LEE, M.; HONG, T.; KOO, C. An economic impact analysis of state solar incentives for improving financial performance of residential solar photovoltaic systems in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 58, p. 590–607, 2016.
- LEVY, Y.; ELLIS, T. J. A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. *Informing Science*, v.9, p.181-211, 2006.
- LI, B. H.; DECAROLIS, J. F. A techno-economic assessment of offshore wind coupled to offshore compressed air energy storage. *Applied Energy*, v.155, p.315-322, 2015.
- LI, C. Techno-economic study of off-grid hybrid photovoltaic/battery and photovoltaic/battery/fuel cell power systems in Kunming, China. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, v. 41, n. 13, p. 1588–1604, 2019.
- LI, C.; YU, W. Techno-economic comparative analysis of off-grid hybrid photovoltaic/diesel/battery and photovoltaic/battery power systems for a household in Urumqi, China. *Journal of Cleaner Production*, v. 124, p. 258–265, 2016.
- LI, C.B.; LU, G.S.; WU, S. The investment risk analysis of wind power project in China. *Renewable Energy*, v.50, p.481-487, 2013.
- LI, Y. et al. A dynamic assessment based feasibility study of concentrating solar power in China. *Renewable Energy*, v. 69, p. 34–42, 2014.
- LI, Y.; XIAO-PENG, W. U.; QIU-SHENG, L. I.; KONG FAH, T. E. E. Assessment of onshore wind energy potential under different geographical climate conditions in China. *Energy*, v.152, p.498-511, 2018.
- LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Domestic application of micro wind turbines in Ireland: Investigation of their economic viability. *Renewable Energy*, v.41, p.64-74, 2012.
- LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Domestic application of solar PV systems in Ireland: The reality of their economic viability. *Energy*, v. 36, n. 10, p. 5865–5876, 2011.
- LINSSEN, J.; STENZEL, P.; FLEER, J. Techno-economic analysis of photovoltaic battery systems and the influence of different consumer load profiles. *Applied Energy*, v. 185, p. 2019–2025, 2017.
- LIU, G. Sustainable feasibility of solar photovoltaic powered street lighting systems. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, v. 56, p. 168–174, 2014.
- LIU, G.; LI, M.; ZHOU, B.; CHEN, Y.; LIAO, S. General indicator for techno-economic assessment of renewable energy resources. *Energy Conversion and Management*, v.156, p.416-426, 2018.
- LIU, H. et al. Techno-economic feasibility assessment of grid-defection. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, v. 109, n. July 2018, p. 403–412, 2019.

- LOPES, M. M. et al. Energy potential using landfill biogas and solar photovoltaic system: a case study in Brazil. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 21, n. 6, p. 1587–1601, 2019.
- LORENZO, C. et al. Economic assessment of large power photovoltaic irrigation systems in the ECOWAS region. *Energy*, v. 155, p. 992–1003, 2018.
- LOURENÇO, L. F. N. et al. Evaluation of the reactive power support capability and associated technical costs of photovoltaic farms' operation. *Energies*, v. 11, n. 6, 2018.
- MACDOUGALL, H.; TOMOSK, S.; WRIGHT, D. Geographic maps of the impact of government incentives on the economic viability of solar power. *Renewable Energy*, v. 122, p. 497–506, 2018.
- MADLENER, R.; LATZ, J. Economics of centralized and decentralized compressed air energy storage for enhanced grid integration of wind power. *Applied Energy*, v.101, p.299-309, 2013.
- MAIORINO, A.; VALENTINI, M. On the technical and economic feasibility of a solar thermodynamic power plant in an area of medium–high direct sunlight intensity: an actual case study. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, v. 39, n. 1, p. 245–257, 2017.
- MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 30, no. 1, p. 1–13, 2008.
- MATTAR, C.; GUZMAN-IBARRA, M. C. A techno-economic assessment of offshore wind energy in Chile. *Energy*, v.133, p.191-205, 2017.
- MCTIGUE, J. D. et al. Hybridizing a geothermal power plant with concentrating solar power and thermal storage to increase power generation and dispatchability. *Applied Energy*, v. 228, n. June, p. 1837–1852, 2018.
- MEHANG, T. S.; TANOTO, Y.; SANTOSO, M. Potential of small size hybrid diesel-photovoltaic to improve sub-district supply duration in East Sumba, Indonesia. *International Journal of Renewable Energy Research*, v. 6, n. 3, p. 964–969, 2016.
- MEHRPOOYA, M.; TAROMI, M.; GHORBANI, B. Thermo-economic assessment and retrofitting of an existing electrical power plant with solar energy under different operational modes and part load conditions. *Energy Reports*, v. 5, p. 1137–1150, 2019.
- MILOUSI, M. et al. Evaluating the environmental performance of solar energy systems through a combined life cycle assessment and cost analysis. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 9, 2019.
- MIR-ARTIGUES, P. The Spanish regulation of the photovoltaic demand-side generation. *Energy Policy*, v. 63, p. 664–673, 2013.
- MITSCHER, M.; RÜTHER, R. Economic performance and policies for grid-connected residential solar photovoltaic systems in Brazil. *Energy Policy*, v. 49, p. 688–694, 2012.
- MME – Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030. Brasília, 2017.
- MODI, A. et al. A review of solar energy based heat and power generation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 67, p. 1047–1064, 2017.
- MOHAMMADI, K.; MOSTAFAEIPOUR, A. Economic feasibility of developing wind turbines in Aligoodarz, Iran. *Energy Conversion and Management*, v.76, p.645-653, 2013.
- MOHAMMADI, K.; MOSTAFAEIPOUR, A.; SEDAGHAT, A.; SHAMSHIRBAND, S.; PETKOVIC, D. Application and economic viability of wind turbine installation in Lutak, Iran. *Environmental Earth Sciences*, v.75, n.248, 2016.

- MOHAMMADI, K.; NADERI, M.; SAGHAFIFAR, M. Economic feasibility of developing grid-connected photovoltaic plants in the southern coast of Iran. *Energy*, v. 156, p. 17–31, 2018.
- MOHSIN, M.; RASHEED, A. K.; SAIDUR, R. Economic viability and production capacity of wind generated renewable hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, v.43, p.2621-2630, 2018.
- MOHSIN, M.; ZHANG, J. J.; SAIDUR, R.; SUN, H. P.; SAIT, S. M. Economic assessment and ranking of wind power potential using fuzzy-TOPSIS approach. *Environmental Science and Pollution Research*, v.26, p.22494-22511, 2019.
- MOKHEIMER, E. M. A.; DABWAN, Y. N.; HABIB, M. A. Optimal integration of solar energy with fossil fuel gas turbine cogeneration plants using three different CSP technologies in Saudi Arabia. *Applied Energy*, v. 185, p. 1268–1280, 2017.
- MOKHTAR, M. et al. Systematic comprehensive techno-economic assessment of solar cooling technologies using location-specific climate data. *Applied Energy*, v. 87, n. 12, p. 3766–3778, 2010.
- MONTES, G. M.; MARTIN, E. P.; BAYO, J. A.; GARCIA, J. O. The applicability of computer simulation using Monte Carlo techniques in windfarm profitability analysis. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.15, p.4746-4755, 2011.
- MORAL, F. J. et al. Computer-assisted sizing of photovoltaic systems for drip irrigation of olive orchards in semi-arid climate. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 7, n. 3, p. 503, 2009.
- MORAN, D.; SHERRINGTON, C. An economic assessment of windfarm power generation in Scotland including externalities. *Energy Policy*, v.35, p.2811-2825, 2007.
- MOSER, M. et al. The MED-CSD project: Potential for concentrating solar power desalination development in mediterranean countries. *Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME*, v. 133, n. 3, p. 1–8, 2011.
- MOSTAFAEIPOUR, A. et al. Investigation of off-grid photovoltaic systems for a reverse osmosis desalination system: A case study. *Desalination*, n. March, p. 91–103, 2019.
- MOTA, A.; MOTA, L.; GALIANA, F. Analytical Economic Assessment of Distributed Wind Power Penetration in Electric Power Systems with Centralized Thermal Generation. *Ieee Latin America Transactions*, v.9, p.726-731, 2011.
- MUDASSER, M.; YIRIDOE, E. K.; CORSCADDEN, K. Economic feasibility of large community feed-in tariff-eligible wind energy production in Nova Scotia. *Energy Policy*, v.62, p.966-977, 2013.
- MUNKSGAARD, J.; LARSEA. Socio economic assessment of wind power - lessons from Denmark. *Energy Policy*, v.26, p.85-93, 1998.
- MUÑOZ-CRUZADO-ALBA, J. et al. Power production losses study by frequency regulation in weak-grid-connected utility-scale photovoltaic plants. *Energies*, v. 9, n. 5, p. 1–21, 2016.
- MUSTAFIZUL KARIM, A. N.; MIZANUR RAHMAN, M. Cost-effective analysis on the suitability of photovoltaic pumping systems in Bangladesh. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, v. 30, n. 2, p. 177–188, 1993.
- NAPOLI, C.; RIOUX, B. Evaluating the economic viability of solar-powered desalination: Saudi Arabia as a case study. *International Journal of Water Resources Development*, v. 32, n. 3, p. 412–427, 2016.
- NETO, D. P.; DOMINGUES, E. G.; CALIXTO, W. P.; ALVES, A. J. Methodology of Investment Risk Analysis for Wind Power Plants in the Brazilian Free Market. *Electric Power Components and Systems*, v.46, p.316-330, 2018.

- NGALA, G. M.; ALKALI, B.; AJI, M. A. Viability of wind energy as a power generation source in Maiduguri, Borno state, Nigeria. *Renewable Energy*, v.32, p.2242-2246, 2007.
- NIAJALILI, M. et al. Techno-economic feasibility of off-grid solar irrigation for a rice paddy in Guilan province in Iran: A case study. *Solar Energy*, v. 150, p. 546–557, 2017.
- NOR, K. M.; SHAABAN, M.; RAHMAN, H. A. Feasibility assessment of wind energy resources in Malaysia based on NWP models. *Renewable Energy*, v.62, p.147-154, 2014.
- NORO, M.; LAZZARIN, R. M. Hybrid PhotoVoltaic-Thermal heat pump systems: Energy and economic performance evaluations in different climates. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, v. 13, n. 1, p. 76–83, 2018.
- NOVAES PIRES LEITE, G. DE et al. An economic analysis of the integration between air-conditioning and solar photovoltaic systems. *Energy Conversion and Management*, v. 185, n. November 2018, p. 836–849, 2019.
- NYHOLM, E.; ODENBERGER, M.; JOHANSSON, F. An economic assessment of distributed solar PV generation in Sweden from a consumer perspective – The impact of demand response. *Renewable Energy*, v. 108, p. 169–178, 2017.
- ODEH, I.; YOHANIS, Y. G.; NORTON, B. Economic viability of photovoltaic water pumping systems. *Solar Energy*, v. 80, n. 7, p. 850–860, 2006.
- OH, J. et al. An economic impact analysis of residential progressive electricity tariffs in implementing the building-integrated photovoltaic blind using an advanced finite element model. *Applied Energy*, v. 202, p. 259–274, 2017.
- O'KEEFFE, A.; HAGGETT, C. An investigation into the potential barriers facing the development of offshore wind energy in Scotland: Case study - Firth of Forth offshore wind farm. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.16, p.3711-3721, 2012.
- OKOLI, C., SCHABRAM, K. A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, v.10(26), p. 1-49, 2010.
- OKOYE, C. O.; ORANEKWU-OKOYE, B. C. Economic feasibility of solar PV system for rural electrification in Sub-Saharan Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 82, n. December 2016, p. 2537–2547, 2018.
- OKOYE, C. O.; SOLYALI, O. Optimal sizing of stand-alone photovoltaic systems in residential buildings. *Energy*, v. 126, p. 573–584, 2017.
- OLATAYO, K. I.; WICHERS, J. H.; STOKER, P. W. Energy and economic performance of small wind energy systems under different climatic conditions of South Africa. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.98, p.376-392, 2018.
- OLATEJU, B.; MONDS, J.; KUMAR, A. Large scale hydrogen production from wind energy for the upgrading of bitumen from oil sands. *Applied Energy*, v.118, p.48-56, 2014.
- OLIVEIRA E SILVA, G. DE; HENDRICK, P. Photovoltaic self-sufficiency of Belgian households using lithium-ion batteries, and its impact on the grid. *Applied Energy*, v. 195, p. 786–799, 2017.
- OLIVER, D.; GROULX, D. Thermo-economic assessment of end user value in home and community scale renewable energy systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v.4, n.23117, 2012.
- OLIVIER, J. R.; HARMS, T. M.; ESTERHUYSE, D. J. Technical and economic evaluation of the utilization of solar energy at South Africa's SANAE IV base in Antarctica. *Renewable Energy*, v. 33, n. 5, p. 1073–1084, 2008.
- ORIOLO, A.; GANGI, A. DI. Load mismatch of grid-connected photovoltaic systems: Review of the effects and analysis in an urban context. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 21, p. 13–28, 2013.

- OUEDRAOGO, B. I.; YAMEGUEU, D. Techno-economic assessment of solar photovoltaic integration into national grids: A case study of Burkina Faso. *Energy Science and Engineering*, v. 7, n. 5, p. 1458–1468, 2019.
- OZCAN, H.; AKYAVUZ, U. D. Thermodynamic and economic assessment of off-grid portable cooling systems with energy storage for emergency areas. *Applied Thermal Engineering*, v. 119, p. 108–118, 2017.
- PAPADOPOULOS, D. P.; DERMENTZOGLU, J. C. Economic viability analysis of planned WEC system installations for electrical power production. *Renewable Energy*, v.25, p.199-217, 2002.
- PARK, E.; KIM, K. J.; KWON, S. J.; HAN, T.; NA, W. S.; POBIL, A. P. Economic Feasibility of Renewable Electricity Generation Systems for Local Government Office: Evaluation of the Jeju Special Self-Governing Province in South Korea. *Sustainability*, v.9, n.82, 2017.
- PATIL, V. R. et al. Techno-economic comparison of solar organic Rankine cycle (ORC) and photovoltaic (PV) systems with energy storage. *Renewable Energy*, v. 113, p. 1250–1260, 2017.
- PAUDEL, A. M.; SARPER, H. Economic analysis of a grid-connected commercial photovoltaic system at Colorado State University-Pueblo. *Energy*, v. 52, p. 289–296, 2013.
- PENA, I.; AZEVEDO, I.L.; FERREIRA, L.A.F.M. Economic analysis of the profitability of existing wind parks in Portugal. *Energy Economics*, v.45, p.353-363, 2014.
- PETERS, L.; MADLENER, R. Economic evaluation of maintenance strategies for ground-mounted solar photovoltaic plants. *Applied Energy*, v. 199, p. 264–280, 2017.
- PETERS, M. et al. Shedding light on solar technologies-A techno-economic assessment and its policy implications. *Energy Policy*, v. 39, n. 10, p. 6422–6439, 2011.
- POGHOSYAN, V.; HASSAN, M. I. Techno-economic assessment of substituting natural gas based heater with thermal energy storage system in parabolic trough concentrated solar power plant. *Renewable Energy*, v. 75, p. 152–164, 2015.
- POONIA, S.; SINGH, A. K.; JAIN, D. Design development and performance evaluation of photovoltaic/thermal (PV/T) hybrid solar dryer for drying of ber (*Zizyphus mauritiana*) fruit. *Cogent Engineering*, v. 5, n. 1, p. 1–18, 2018.
- PREHODA, E. W.; SCHELLY, C.; PEARCE, J. M. U.S. strategic solar photovoltaic-powered microgrid deployment for enhanced national security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 78, n. December 2015, p. 167–175, 2017.
- QOAIER, L.; STEINBRECHT, D. Photovoltaic systems: A cost competitive option to supply energy to off-grid agricultural communities in arid regions. *Applied Energy*, v. 87, n. 2, p. 427–435, 2010.
- QOLIPOUR, M. Evaluation of wind power generation potential using a three hybrid approach for households in Ardebil Province, Iran. *Energy Conversion and Management*, v.118, p.295-305, 2016.
- QOLIPOUR, M.; MOSTAFAEIPOUR, A.; TOUSI, O. M. Techno-economic feasibility of a photovoltaic-wind power plant construction for electric and hydrogen production: A case study. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.78, p.113-123, 2017.
- QUANSAH, D. A.; ADARAMOLA, M. S. Economic assessment of a-Si and CIS thin film solar PV technologies in Ghana. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 18, p. 164–174, 2016.
- RAHMAN, M. M. et al. Development of a model for techno-economic assessment of a stand-alone off-grid solar photovoltaic system in Bangladesh. *International Journal of Renewable Energy Research*, v. 6, n. 1, p. 140–149, 2016.

- RAHMAN, M.; BAKY, M. H.; ISLAM, A. K. M. S. Electricity from Wind for Off-Grid Applications in Bangladesh: A Techno-Economic Assessment. *International Journal of Renewable Energy Development-Ijred*, v.6, p.55-64, 2017.
- RAMADAN, H. S. Wind energy farm sizing and resource assessment for optimal energy yield in Sinai Peninsula, Egypt. *Journal of Cleaner Production*, v.161, p.1283-1293, 2017.
- RAMADHAN, M.; NASEEB, A. The cost benefit analysis of implementing photovoltaic solar system in the state of Kuwait. *Renewable Energy*, v. 36, n. 4, p. 1272–1276, 2011.
- RAMANAN, P. et al. Performance evaluation of building-integrated photovoltaic systems for residential buildings in southern India. *Building Services Engineering Research and Technology*, 2019.
- RAMÍREZ, F. J. et al. Combining feed-in tariffs and net-metering schemes to balance development in adoption of photovoltaic energy: Comparative economic assessment and policy implications for European countries. *Energy Policy*, v. 102, n. December 2016, p. 440–452, 2017.
- RAMÍREZ-SAGNER, G. et al. Economic feasibility of residential and commercial PV technology: The Chilean case. *Renewable Energy*, v. 111, p. 332–343, 2017.
- RAMLI, M. A. M.; TWAHA, S.; ALGHAMDI, A. U. Energy production potential and economic viability of grid-connected wind/PV systems at Saudi Arabian coastal areas. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 9, n. 6, 2017.
- RANJAN, K. R.; KAUSHIK, S. C. Economic feasibility evaluation of solar distillation systems based on the equivalent cost of environmental degradation and high-grade energy savings. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, v. 11, n. 1, p. 8–15, 2014.
- RASHEED, A.; LEE, J. W.; LEE, H. W. Feasibility Evaluation of the Wind Energy as an Alternative Energy Source for the Irrigation of Greenhouse Crops. *International Journal of Renewable Energy Research*, v.6, p.1545-1555, 2016.
- RECALDE, M. Wind power in Argentina: Policy instruments and economic feasibility. *International Journal of Hydrogen Energy*, v.35, p.5908-5913, 2010.
- REDISKE, G.; SILUK, J. C. M.; GASTALDO, N. G.; RIGO, P. D.; ROSA, C. B. Determinant factors in site selection for photovoltaic projects: A systematic review. *International Journal of Energy Research*, v. 1, p. 1-13, 2018.
- REZAEI, M.; SALIMI, M.; MOMENI, M.; MOSTAFAEIPOUR, A. Investigation of the socio-economic feasibility of installing wind turbines to produce hydrogen: Case study. *International Journal of Hydrogen Energy*, v.43, p.23135-23147, 2018.
- RICHARDSON, R. D.; MCNERNEY, G. M. Wind energy-systems. *Proceedings of the Ieee*, v.81, p.378-389, 1993.
- ROCHA, L. C. S. et al. Photovoltaic electricity production in Brazil: A stochastic economic viability analysis for small systems in the face of net metering and tax incentives. *Journal of Cleaner Production*, v. 168, p. 1448–1462, 2017.
- ROCHA, L. C. S.; AQUILA, G.; ROTELA JUNIOR, P.; PAIVA, A. P.; PAMPLONA, E. O.; BALESTRASSI, P. P. A stochastic economic viability analysis of residential wind power generation in Brazil. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.90, p.412-419, 2018.
- RODRIGUES, S. et al. Economic feasibility analysis of small scale PV systems in different countries. *Solar Energy*, v. 131, p. 81–95, 2016.

- RODRIGUEZ-HERNANDEZ, O.; MARTINEZ, M.; LOPEZ-VILLALOBOS, C.; GARCIA, H.; CAMPOS-AMEZCUA, R. Techno-Economic Feasibility Study of Small Wind Turbines in the Valley of Mexico Metropolitan Area. *Energies*, v.12, p.890, 2019.
- RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, M. R. et al. Thermodynamic and economic assessment of a new generation of subcritical and supercritical solar power towers. *Energy*, v. 118, p. 534–544, 2017.
- ROTELA, P.; FISCHETTI, E.; ARAUJO, V. G.; PERUCHI, R. S.; AQUILA, G.; ROCHA, L. C. S.; LACERDA, L. S. Wind Power Economic Feasibility under Uncertainty and the Application of ANN in Sensitivity Analysis. *Energies*, v.12, p.2281, 2019.
- ROWLEY, J. & SLACK, F. Conducting a literature review. *Management Research News*, v. 27(6), p. 31-39, 2004.
- SABO, M. L. et al. Spatial matching of large-scale grid-connected photovoltaic power generation with utility demand in Peninsular Malaysia. *Applied Energy*, v. 191, p. 663–688, 2017.
- SAIZ-MARIN, E.; GARCÍA-GONZÁLEZ, J.; BARQUÍN, J.; LOBATO, E. Economic Assessment of the Participation of Wind Generation in the Secondary Regulation Market. *Ieee Transactions on Power Systems*, v.27, p.866-874, 2012.
- SAIZ-MARIN, E.; LOBATO, E.; EGIDO, I.; ROUCO, L. Economic assessment of voltage and reactive power control provision by wind farms. *Wind Energy*, v.18, p.851-864, 2015.
- SALEHIN, S.; RAHMAN, M. M.; ISLAM, A. K. M. S. Techno-economic feasibility study of a solar PV-diesel system for applications in Northern part of Bangladesh. *International Journal of Renewable Energy Research*, v. 5, n. 4, p. 1220–1229, 2015.
- SAMPAIO, P. G. V.; GONZÁLEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 74, n. February, p. 590–601, 2017.
- SAMU, R.; FAHRIOGLU, M.; OZANSOY, C. The potential and economic viability of wind farms in Zimbabwe. *International Journal of Green Energy*, v.16, p.1539-1546, 2019.
- SAN MIGUEL, G.; CORONA, B. Economic viability of concentrated solar power under different regulatory frameworks in Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 91, n. June 2016, p. 205–218, 2018.
- SARASA-MAESTRO, C. J.; DUFO-LÓPEZ, R.; BERNAL-AGUSTÍN, J. L. Analysis of photovoltaic self-consumption systems. *Energies*, v. 9, n. 9, 2016.
- SCHALLENBERG-RODRÍGUEZ, J. Photovoltaic techno-economical potential on roofs in regions and islands: The case of the Canary Islands. Methodological review and methodology proposal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 20, p. 219–239, 2013.
- SCHINKO, T.; KOMENDANTOVA, N. De-risking investment into concentrated solar power in North Africa: Impacts on the costs of electricity generation. *Renewable Energy*, v. 92, p. 262–272, 2016.
- SCHMID, A. L.; HOFFMANN, C. A. A. Replacing diesel by solar in the Amazon: Short-term economic feasibility of PV-diesel hybrid systems. *Energy Policy*, v. 32, n. 7, p. 881–898, 2004.
- SCHOPFER, S.; TIEFENBECK, V.; STAAKE, T. Economic assessment of photovoltaic battery systems based on household load profiles. *Applied Energy*, v. 223, n. March, p. 229–248, 2018.
- SERRANO-SANCHEZ, C.; OLMEDA-DELGADO, M.; PETRAKOPOULOU, F. Exergy and economic evaluation of a hybrid power plant coupling coal with solar energy. *Applied Sciences (Switzerland)*, v. 9, n. 5, 2019.

- SERRI, L.; LEMBO, E.; AIROLDI, D.; GELLI, C.; BECCARELLO, M. Wind energy plants repowering potential in Italy: technical-economic assessment. *Renewable Energy*, v.115, p.382-390, 2018.
- SHAAHID, S. M. Economic feasibility of decentralized hybrid photovoltaic-diesel technology in Saudi Arabia: A way forward for sustainable coastal development. *Thermal Science*, v. 21, n. 1, p. 745–756, 2017.
- SHAAHID, S. M.; ALHEMS, L. M.; RAHMAN, M. K. Techno-economic assessment of establishment of wind farms in different provinces of Saudi Arabia to mitigate future energy challenges. *Thermal Science*, v.23, p.2909-2918, 2019.
- SHAAHID, S. M.; EL-AMIN, I. Techno-economic evaluation of off-grid hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for rural electrification in Saudi Arabia-A way forward for sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, n. 3, p. 625–633, 2009.
- SHAAHID, S. M.; ELHADIDY, M. A. Economic analysis of hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for residential loads in hot regions-A step to clean future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, n. 2, p. 488–503, 2008.
- SHAAHID, S. M.; ELHADIDY, M. A. Technical and economic assessment of grid-independent hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for commercial loads in desert environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 11, n. 8, p. 1794–1810, 2007.
- SHARAN, S. N. et al. Economic feasibility of photovoltaic concentrating systems. *Solar Cells*, v. 15, p. 199–209, 1985.
- SHEER, T. J. A techno-economic feasibility study on the use of distributed concentrating solar power generation in Johannesburg. *Journal of Energy in Southern Africa*, v. 21, n. 2, p. 2–11, 2010.
- SILVEIRA, C. DE O. et al. Feasibility Study through Grid-Connected Photovoltaic Systems in Curitiba. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 61, n. spe, 2018.
- SIMIC, Z.; HAVELKA, J.G.; VRHOVCAK, M.B. Small wind turbines - A unique segment of the wind power market. *Renewable Energy*, v.50, p.1027-1036, 2013.
- SIMONS, P.J.; CHEUNG, W.M. Development of a quantitative analysis system for greener and economically sustainable wind farms. *Journal of Cleaner Production*, v.133, p.886-898, 2016.
- SODERHOLM, P.; EK, K.; PETTERSSON, M. Wind power development in Sweden: Global policies and local obstacles. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v.11, p.365-400, 2007.
- SOE, T. T.; ZHENG, M. S.; AUNG, Z. N. Assessment of Economic Feasibility on Promising Wind Energy Sites in Myanmar. *International Journal of Renewable Energy Research*, v.5, p.548-557, 2015.
- SOLANO, J.; OLIVIERI, L.; CAAMANO, E. HVAC systems using PV technology: Economic feasibility analysis in commercial buildings of Ecuador. *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, n. 2, p. 767–772, 2016.
- SONG, J.; CHOI, Y. Analysis of the potential for use of floating photovoltaic systems on mine pit lakes: Case study at the Ssangyong open-pit limestone mine in Korea. *Energies*, v. 9, n. 2, p. 1–13, 2016.
- SOUZA JÚNIOR, A. J. DE et al. Energia solar em organizações militares: uma análise da viabilidade econômico-financeira Navus - Revista de Gestão e Tecnologia, 2019.
- STEVOVIĆ, I. Strategic Orientation To Solar Energy Production and Long Term Financial Benefits. *Archives for Technical Sciences*, v. 1, n. 17, p. 1–12, 2017.
- STOCKTON, K. M. Utility-scale wind on islands: an economic feasibility study of Ilio Point, Hawai'i. *Renewable Energy*, v.29, p.949-960, 2004.

- TALAVERA, D. L. et al. A worldwide assessment of economic feasibility of HCPV power plants: Profitability and competitiveness. *Energy*, v. 119, p. 408–424, 2017.
- TALAVERA, D. L. et al. Assessment of cost-competitiveness and profitability of fixed and tracking photovoltaic systems: The case of five specific sites. *Renewable Energy*, v. 134, p. 902–913, 2019.
- TALAVERA, D. L. et al. Complete procedure for the economic, financial and cost-competitiveness of photovoltaic systems with self-consumption. *Energies*, v. 12, n. 3, 2019.
- TAN, Z. et al. Photovoltaic power generation in China: Development potential, benefits of energy conservation and emission reduction. *Journal of Energy Engineering*, v. 138, n. 2, p. 73–86, 2012.
- TEETZ, H. W.; HARMS, T. M.; VON BACKSTROM, T. W. Assessment of the wind power potential at SANAE IV base, Antarctica: a technical and economic feasibility study. *Renewable Energy*, v.28, p.2037-2061, 2003.
- TELSNIG, T.; ELTROP, L.; WINKLER, H. Efficiency and costs of different solar power plant configuration for sites in gauteng and Northern Cape: SA. 12th Southern African Solar Energy Conference, v. 24, n. 1, p. 1–10, 2012.
- TERVO, E. et al. An economic analysis of residential photovoltaic systems with lithium ion battery storage in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 94, n. January, p. 1057–1066, 2018.
- TH. MOHAMMAD, A.; IBRAHIM ISMAEL, A. An equivalent photovoltaic solar system to solve the problems of electricity in Iraqi houses. *AIMS Energy*, v. 7, n. 5, p. 660–670, 2019.
- TIJANI, H. O.; WEI TAN, C.; BASHIR, N. Techno-economic analysis of hybrid photovoltaic/diesel/battery off-grid system in northern Nigeria. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 6, n. 3, p. 033103, 2014.
- TOMOSK, S. et al. Mapping the geographic distribution of the economic viability of photovoltaic load displacement projects in SW USA. *Renewable Energy*, v. 107, p. 101–112, 2017.
- TSOUTSOS, T. et al. Solar cooling technologies in Greece. An economic viability analysis. *Applied Thermal Engineering*, v. 23, n. 11, p. 1427–1439, 2003.
- TUYET, N. T. A.; CHOU, S. Y. Impact of government subsidies on economic feasibility of offshore wind system: Implications for Taiwan energy policies. *Applied Energy*, v.217, p.336-345, 2018.
- UCAR, A.; BALO, F. A Seasonal Analysis of Wind Turbine Characteristics and Wind Power Potential in Manisa, Turkey. *International Journal of Green Energy*, v.5, p.466-479, 2008.
- VALE, A. M. et al. Analysis of the economic viability of a photovoltaic generation project applied to the Brazilian housing program “Minha Casa Minha Vida”. *Energy Policy*, v. 108, n. May, p. 292–298, 2017.
- VARELA, M. et al. Economic analysis of small photovoltaic facilities and their regional differences. *International Journal of Energy Research*, v. 28, n. 3, p. 245–255, 2004.
- VIANA, L. D. A. et al. Decrease in off-peak electrical energy demand by agroindustries due to photovoltaic solar generation. *Engenharia Agrícola*, v. 4430, p. 537–547, 2019.
- VIDES-PRADO, A. et al. Techno-economic feasibility analysis of photovoltaic systems in remote areas for indigenous communities in the Colombian Guajira. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 82, n. May, p. 4245–4255, 2018.
- VILLALVA, M. G. *Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.
- WACHSMANN, U.; TOLMASQUIM, M.T. Wind power in Brazil - transition using German experience. *Renewable Energy*, v.28, p.1029-1038, 2003.

- WAEWSAK, J.; KONGRUANG, C.; GAGNON, Y. Assessment of wind power plants with limited wind resources in developing countries: Application to Ko Yai in southern Thailand. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v.19, p.79-93, 2017.
- WALTERS, R.; WALSH, P. R. Examining the financial performance of micro-generation wind projects and the subsidy effect of feed-in tariffs for urban locations in the United Kingdom. *Energy Policy*, v.39, p.5167-5181, 2011.
- WANG, H. et al. Life cycle and economic assessment of a solar panel array applied to a short route ferry. *Journal of Cleaner Production*, v. 219, p. 471–484, 2019.
- WANG, H. M. S.; SPOHN, K. M.; PICCARD, L.; YAO, L. Feasibility Study of Wind Power Generation System at Arctic Valley. *EMJ - Engineering Management Journal*, v.22, p.21-33, 2010.
- WATTS, D.; OSES, N.; PEREZ, R. Assessment of wind energy potential in Chile: A project-based regional wind supply function approach. *Renewable Energy*, v.96, p.738-755, 2016.
- WEBSTER, J. & WATSON, R. T. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26(2), p.13-23, 2002.
- WU, M. S. et al. Economic feasibility of solar-powered led roadway lighting. *Renewable Energy*, v. 34, n. 8, p. 1934–1938, 2009.
- WYMAN, C. M.; JABLONOWSKI, C. J. A Workflow and Estimate for the Economic Viability of Offshore Wind Projects. *Wind Engineering*, v.39, p.579-594, 2015.
- XAVIER, G. A. et al. Simulation of distributed generation with photovoltaic microgrids-Case study in Brazil. *Energies*, v. 8, n. 5, p. 4003–4023, 2015.
- XU, L. et al. Off -Grid Solar PV Power Generation System in Sindh, Pakistan: A Techno-Economic Feasibility Analysis. *Processes*, v. 7, n. 5, 2019.
- XUE, J. Economic assessment of photovoltaic greenhouses in China. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 9, n. 3, 2017.
- YAQUB, M.; SARKNI, S.; MAZZUCHI, T. Feasibility analysis of solar photovoltaic commercial power generation in California. *EMJ - Engineering Management Journal*, v. 24, n. 4, p. 36–49, 2012.
- YAROVA, N.; VORKUNOVA, O.; KHOTEYEVA, N. Economic assessment of the alternative energy sources implementation for port enterprises. *Economic Annals-xxi*, v.166, p.46-50, 2017.
- YENDALURU, R. S. et al. Techno-economic feasibility analysis of integrating grid-tied solar PV plant in a wind farm at Harapanahalli, India. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 2019.
- YOU, W. et al. Technical and economic assessment of RES penetration by modelling China's existing energy system. *Energy*, v. 165, p. 900–910, 2018.
- YU, H. J. J. A prospective economic assessment of residential PV self-consumption with batteries and its systemic effects: The French case in 2030. *Energy Policy*, v. 113, n. October 2017, p. 673–687, 2018.
- YU, Z. China's photovoltaic industry policy performance from the perspective of global value chain. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, v. 40, n. 14, p. 1737–1742, 2018.
- ZAKI, W. R. M.; NAWAWI, A. H.; AHMAD, S. S. Economic assessment of Operational Energy reduction options in a house using Marginal Benefit and Marginal Cost: A case in Bangi, Malaysia. *Energy Conversion and Management*, v. 51, n. 3, p. 538–545, 2010.

ZHANG, J. et al. Integrated photovoltaic and battery energy storage (PV-BES) systems: An analysis of existing financial incentive policies in the US. *Applied Energy*, v. 212, n. December 2017, p. 895–908, 2018.

ZHANG, X. et al. Techno-economic feasibility analysis of solar photovoltaic power generation for buildings. *Applied Thermal Engineering*, v. 108, p. 1362–1371, 2016.

ZHAO, M.; SHARMA, A.; BERNT, D. G.; MEYER, J. A.; DICKEY, B.; ROSENBAUGH, S.; JONES, E.; RILLET, L. Economic Analysis of Using a Renewable Wind Power System at a Signalized Intersection. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, v.17, p.210-220, 2013.

APÊNDICE A – SÍNTESE DA AMOSTRA FINAL DE ARTIGOS DA RSL SOBRE A ENERGIA EÓLICA

	Autor	Local	Citações	Periódico
1	Qolipour <i>et al.</i> (2017)	Irã	36	Renewable & Sustainable Energy Reviews
2	Mohsin <i>et al.</i> (2018)	Paquistão	18	International Journal of Hydrogen Energy
3	Serri <i>et al.</i> (2018)	Itália	16	Renewable Energy
4	Fazelpour <i>et al.</i> (2017)	Irã	34	Renewable & Sustainable Energy Reviews
5	Jie <i>et al.</i> (2018)	China	0	Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy
6	Blanco (2009)	Espanha	291	Renewable & Sustainable Energy Reviews
7	Rocha <i>et al.</i> (2018)	Brasil	4	Renewable & Sustainable Energy Reviews
8	Glassbrook <i>et al.</i> (2014)	Tailândia	10	Energy for Sustainable Development
9	Fang (2019)	China	1	International Journal of Hydrogen Energy
10	Hulio <i>et al.</i> (2019)	Paquistão	1	Energy Strategy Reviews
11	Bhattara <i>et al.</i> (2019)	Canadá	0	Journal of Energy Storage
12	Samu <i>et al.</i> (2019)	Zimbábue	0	International Journal of Green Energy
13	Lee <i>et al.</i> (2019)	Coreia do Sul	0	International Journal of Renewable Energy Research
14	Abnavi <i>et al.</i> (2019)	Irã	1	Environmental Progress & Sustainable Energy
15	De Lara <i>et al.</i> (2019)	Brasil	0	Brazilian Archives of Biology and Technology
16	Shaahid <i>et al.</i> (2019)	Arábia Saudita	0	Thermal Science
17	Adefarati and Obikoya (2019)	África do Sul	0	International Journal of Engineering Research in Africa
18	Kassem <i>et al.</i> (2019)	Líbano	0	Modeling Earth Systems and Environment
19	Mohsin <i>et al.</i> (2019)	Paquistão	2	Environmental Science and Pollution Research
20	Bahrami <i>et al.</i> (2019)	Uzbequistão	1	Journal of Cleaner Production
21	Rotela <i>et al.</i> (2019)	Brasil	0	Energies
22	Rodriguez-Hernandez <i>et al.</i> (2019)	México	0	Energies
23	Al-Nassar <i>et al.</i> (2019)	Kuwait	3	Energy
24	Rezaei <i>et al.</i> (2018)	Irã	6	International Journal of Hydrogen Energy
25	Bina <i>et al.</i> (2018)	Irã	2	Energy
26	Olatayo <i>et al.</i> (2018)	África do Sul	3	Renewable & Sustainable Energy Reviews

27	González-Aparicio <i>et al.</i> (2018)	Espanha	5	Applied Energy
28	Kirmani <i>et al.</i> (2018)	Índia	7	IET Renewable Power Generation
29	Li <i>et al.</i> (2018)	China	12	Renewable Energy
30	Tuyet and Chou (2018)	Taiwan	2	Applied Energy
31	Asghar and Liu (2018)	China	8	Neurocomputing
32	Kassem <i>et al.</i> (2018)	Chipre	3	Global Journal of Environmental Science and Management-GJESM
33	Babarit <i>et al.</i> (2018)	França	12	International Journal of Hydrogen Energy
34	Calderon <i>et al.</i> (2018)	Colômbia	1	Tecciencia
35	Liu <i>et al.</i> (2018)	China	30	Energy Conversion and Management
36	Neto <i>et al.</i> (2018)	Brasil	3	Electric Power Components and Systems
37	Yarova <i>et al.</i> (2017)	Ucrânia	0	Economic Annals – XXI
38	Hulio <i>et al.</i> (2017)	Paquistão	9	Energy Sustainability and Society
39	Ramli <i>et al.</i> (2017)	Arábia Saudita	4	Journal of Renewable and Sustainable Energy
40	Ramadan (2017)	Egito	19	Journal of Cleaner Production
41	Ali <i>et al.</i> (2017)	Coreia do Sul	9	Energies
42	Mattar and Guzman-Ibarra (2017)	Chile	15	Energy
43	Aquila <i>et al.</i> (2017)	Brasil	10	Energy Economics
44	Abdelhady <i>et al.</i> (2017)	Egito	2	Wind Engineering
45	Waewsak <i>et al.</i> (2017)	Tailândia	4	Sustainable Energy Technologies and Assessments
46	Rahman <i>et al.</i> (2017)	Bangladesh	4	International Journal of Renewable Energy Development-IJRED
47	Park <i>et al.</i> (2017)	Coreia do Sul	3	Sustainability
48	Ajayi and Ohijeagbon (2017)	Nigéria	3	International Journal of Ambient Energy
49	Albadi <i>et al.</i> (2017)	Omã	3	International Journal of Renewable Energy Research
50	Aquila <i>et al.</i> (2016)	Brasil	18	Journal of Cleaner Production
51	Castro-Santos <i>et al.</i> (2016)	Espanha	20	Energy
52	Simons and Cheung (2016)	Inglaterra	13	Journal of Cleaner Production
53	Watts <i>et al.</i> (2016)	Chile	16	Renewable Energy
54	Ayodele <i>et al.</i> (2016)	Nigéria	34	Journal of Cleaner Production

55	Kapsali <i>et al.</i> (2016)	Grécia	9	Applied Energy
56	Qolipour <i>et al.</i> (2016)	Irã	25	Energy Conversion and Management
57	Silva <i>et al.</i> (2016)	Brasil	56	Renewable & Sustainable Energy Reviews
58	Argatov and Shafranov (2016)	Alemanha	2	Renewable Energy
59	Capellaro (2016)	Alemanha	9	Renewable Energy
60	Mohammadi <i>et al.</i> (2016)	Irã	3	Environmental Earth Sciences
61	Rasheed <i>et al.</i> (2016)	Coreia do Sul	2	International Journal of Renewable Energy Research
62	Asumadu-Sarkodie and Owusu (2016)	Gana	30	Energy Sources Part A-Recovery Utilization and Environmental Effects
63	Belabes <i>et al.</i> (2015)	Argélia	30	Renewable & Sustainable Energy Reviews
64	Astariz <i>et al.</i> (2015)	Espanha	30	Renewable Energy
65	Wyman and Jablonowski (2015)	Estados Unidos	0	Wind Engineering
66	Li and DeCarolis (2015)	Estados Unidos	19	Renewable Energy
67	De Vos and Driesen (2015)	Bélgica	12	IET Renewable Power Generation
68	Grieser <i>et al.</i> (2015)	Alemanha	27	Renewable Energy
69	Saiz-Marin <i>et al.</i> (2015)	Espanha	3	Wind Energy
70	Fazelpour <i>et al.</i> (2015)	Irã	52	Renewable Energy
71	Soe <i>et al.</i> (2015)	Myanmar	1	International Journal of Renewable Energy Research
72	Juarez <i>et al.</i> (2014)	Brasil	29	Renewable & Sustainable Energy Reviews
73	Pena <i>et al.</i> (2014)	Portugal	9	Energy Economics
74	Gil <i>et al.</i> (2014)	Espanha	27	Applied Energy
75	Kose <i>et al.</i> (2014)	Turquia	16	International Journal of Green Energy
76	Katsigiannis and Stavrakakis (2014)	Austrália	23	Renewable Energy
77	Olateju <i>et al.</i> (2014)	Canadá	33	Applied Energy
78	Gillenwater <i>et al.</i> (2014)	Estados Unidos	7	Renewable Energy
79	Nor <i>et al.</i> (2014)	Malásia	30	Renewable Energy
80	Albani <i>et al.</i> (2014)	Malásia	12	Energy Exploration & Exploitation
81	Adaramola <i>et al.</i> (2014)	Gana	63	Energy Conversion and Management
82	Mohammadi and Mostafaeipour (2013)	Irã	52	Energy Conversion and Management

83	Mudasser <i>et al.</i> (2013)	Canadá	5	Energy Policy
84	Silva <i>et al.</i> (2013)	Brasil	18	Renewable & Sustainable Energy Reviews
85	Li <i>et al.</i> (2013)	China	28	Energy
86	Simic <i>et al.</i> (2013)	Croácia	38	Renewable Energy
87	Zhao <i>et al.</i> (2013)	Estados Unidos	1	Journal of Intelligent Transportation Systems
88	Madlener and Latz (2013)	Alemanha	91	Applied Energy
89	O’Keeffe and Haggett (2012)	Inglaterra	35	Renewable & Sustainable Energy Reviews
90	Erturk (2012)	Turquia	29	Energy Policy
91	Hamouda (2012)	Egito	14	Renewable & Sustainable Energy Reviews
92	Saiz-Marin <i>et al.</i> (2012)	Espanha	26	IEEE Transactions on Power Systems
93	Li <i>et al.</i> (2012)	Irlanda	12	Applied Energy
94	Oliver and Groulx (2012)	Canadá	5	Journal of Renewable And Sustainable Energy
95	Askari and Ameri (2012)	Irã	25	Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy
96	Montes <i>et al.</i> (2011)	Espanha	14	Renewable & Sustainable Energy Reviews
97	Walters and Walsh (2011)	Inglaterra	17	Energy Policy
98	Mota <i>et al.</i> (2011)	Brasil	4	IEEE Latin America Transactions
99	Genc (2011)	Turquia	12	Journal of Energy Engineering-Asce
100	Wang <i>et al.</i> (2010)	Estados Unidos	6	EMJ – Engineering Management Journal
101	Recalde (2010)	Argentina	10	International Journal of Hydrogen Energy
102	Akdag and Guler (2009)	Turquia	19	Energy Sources Part B- Economics Planning and Policy
103	Hrayshat (2009)	Jordânia	3	Energy Sources Part B- Economics Planning and Policy
104	Ucar and Balo (2008)	Turquia	26	International Journal of Green Energy
105	Diaf <i>et al.</i> (2008)	Argélia	142	Energy Policy
106	Ngala <i>et al.</i> (2007)	Nigéria	50	Renewable Energy
107	Moran and Sherrington (2007)	Escócia	37	Energy Policy
108	Soderholm <i>et al.</i> (2007)	Suécia	89	Renewable & Sustainable Energy Reviews
109	Greenblatt <i>et al.</i> (2007)	Estados Unidos	148	Energy Policy
110	Kissel and Krauter (2006)	Brasil	24	Energy Policy

111	Stockton (2004)	Estados Unidos	10	Renewable Energy
112	Teetz <i>et al.</i> (2003)	África do Sul	14	Renewable Energy
113	Wachsmann and Tolmasquim (2003)	Brasil	15	Renewable Energy
114	Papadopoulos and Dermentzoglou (2002)	Grécia	13	Renewable Energy
115	Karlis <i>et al.</i> (2001)	Grécia	7	Energy Conversion and Management
116	Kaldellis and Gavras (2000)	Grécia	54	Energy Policy
117	Munksgaard and Larsen (1998)	Dinamarca	9	Energy Policy
118	Richardson and Mcnerney (1993)	Estados Unidos	56	Proceedings of the IEEE
119	Desrochers <i>et al.</i> (1986)	Canadá	47	IEEE Transactions on Energy Conversion
120	Furuya and Maekawa (1984)	Estados Unidos	2	Journal of Solar Energy Engineering – Transactions of the Asme

APÊNDICE B – SÍNTESE DA AMOSTRA FINAL DE ARTIGOS DA RSL SOBRE A ENERGIA SOLAR

Autor	Local	Citações	Periódico
1 Bimenyimana <i>et al.</i> (2019)	Ruanda	0	International Journal Of Photoenergy
2 Lee (2019)	Coréia do Sul	0	Renewable Energy
3 Babatunde <i>et al.</i> (2019)	Nigéria	0	African Journal of Science Technology Innovation & Development
4 Yendaluru <i>et al.</i> (2019)	Índia	0	Environmental Progress & Sustainable Energy
5 Ellabban and Alassi (2019)	Austrália	2	Energy Reports
6 Mehrpooya <i>et al.</i> (2019)	Irã	0	Energy Reports
7 Goswami <i>et al.</i> (2019)	Índia	1	Environmental Progress & Sustainable Energy
8 Karimi <i>et al.</i> (2019)	Irã	1	Environmental Progress & Sustainable Energy
9 Lopes <i>et al.</i> (2019)	Brasil	0	Journal of Material Cycles and Waste Management
10 Kang <i>et al.</i> (2019)	Coréia do Sul	0	Energy & Environment
11 Ilse <i>et al.</i> (2019)	Alemanha	0	Joule
12 Ramanan <i>et al.</i> (2019)	Índia	0	Building Services Engineering Research & Technology
13 Ouedraogo and Yamegueu (2019)	Burkina Faso	0	Energy Science & Engineering
14 Adesanya and Pearce (2019)	Nigéria	0	Renewable & Sustainable Energy Reviews
15 Silveira <i>et al.</i> (2019)	Brasil	0	Navus-Revista de Gestao e Tecnologia
16 Alhaj and Al-Ghamdi (2019)	Catar	0	Solar Energy
17 Barone <i>et al.</i> (2019)	Grécia	3	Energy Conversion and Management
18 Garcia-Saez <i>et al.</i> (2019)	Espanha	7	Renewable Energy
19 Jo and Jang (2019)	Coréia do Sul	0	Sustainability
20 Eshraghi <i>et al.</i> (2019)	Irã	3	Sustainable Energy Technologies and Assessments
21 Li (2019)	China	2	Energy Sources Part A-Recovery Utilization and Environmental Effects
22 Viana <i>et al.</i> (2019)	Brasil	0	Engenharia Agricola
23 Kumar <i>et al.</i> (2019)	Índia	0	Energy

24	Liu <i>et al.</i> (2019)	Austrália	0	International Journal of Electrical Power & Energy Systems
25	Buonomano <i>et al.</i> (2019)	Itália	3	Renewable Energy
26	Farias-Rocha <i>et al.</i> (2019)	Filipinas	3	Journal of Cleaner Production
27	Chiacchio <i>et al.</i> (2019)	Itália	2	Energies
28	Jamali <i>et al.</i> (2019)	Irã	0	Solar Energy
29	Espinoza <i>et al.</i> (2019)	Peru	1	Renewable Energy
30	Wang <i>et al.</i> (2019)	Turquia	2	Journal of Cleaner Production
31	Awan (2019)	Arábia Saudita	0	Journal of Renewable and Sustainable Energy
32	Milousi <i>et al.</i> (2019)	Grécia	1	Sustainability
33	Xu <i>et al.</i> (2019)	Paquistão	8	Processes
34	Lammoglia and Brandalise (2019)	Brasil	0	Independent Journal of Management & Production
35	Leite <i>et al.</i> (2019)	Brasil	3	Energy Conversion and Management
36	Asif <i>et al.</i> (2019)	Arábia Saudita	1	Smart and Sustainable Built Environment
37	Talavera <i>et al.</i> (2019)	Espanha	1	Renewable Energy
38	Gurturk (2019)	Turquia	2	Energy
39	Mostafaeipour <i>et al.</i> (2019)	Irã	3	Desalination
40	Serrano-Sanchez <i>et al.</i> (2019)	Espanha	1	Applied Sciences-Basel
41	Talavera <i>et al.</i> (2019)	Espanha	1	Energies
42	Brunini <i>et al.</i> (2019)	Brasil	0	Revista Brasileira de Ciencias Agrarias-Agraria
43	De Lara <i>et al.</i> (2019)	Brasil	0	Brazilian Archives of Biology and Technology
44	Mohammad and Ismael (2019)	Iraque	0	Aims Energy
45	Kharseh and Wallbaum (2019)	Suécia	4	Energies
46	You <i>et al.</i> (2018)	China	1	Energy
47	Lee <i>et al.</i> (2018)	Coréia do Sul	7	Applied Energy
48	Al-Saqlawi <i>et al.</i> (2018)	Omã	6	Energy Conversion and Management
49	McTigue <i>et al.</i> (2018)	Estados Unidos	12	Applied Energy
50	Tervo <i>et al.</i> (2018)	Estados Unidos	11	Renewable & Sustainable Energy Reviews

51	Cucchiella <i>et al.</i> (2018)	Itália	5	Sustainability
52	Kassem <i>et al.</i> (2018)	Chipre	3	Global Journal of Environmental Science and Management-Gjesm
53	Poonia <i>et al.</i> (2018)	Índia	2	Cogent Engineering
54	San Miguel and Corona (2018)	Espanha	5	Renewable & Sustainable Energy Reviews
55	Mohammadi <i>et al.</i> (2018)	Irã	5	Energy
56	Schopfer <i>et al.</i> (2018)	Suíça	22	Applied Energy
57	Lorenzo <i>et al.</i> (2018)	0	6	Energy
58	Buonomano <i>et al.</i> (2018)	Itália	13	Energy
59	MacDougall <i>et al.</i> (2018)	Canadá	2	Renewable Energy
60	Aderemi <i>et al.</i> (2018)	África do Sul	6	Energies
61	Lourenço <i>et al.</i> (2018)	Brasil	1	Energies
62	Ayadi <i>et al.</i> (2018)	Jordânia	7	Sustainable Cities and Society
63	Islam (2018)	França	10	Sustainable Cities and Society
64	Noro and Lazzarin (2018)	Itália	0	International Journal of Low-Carbon Technologies
65	Carrico <i>et al.</i> (2018)	Angola	4	Journal of Sustainable Development of Energy Water and Environment Systems-Jsdewes
66	Zhang <i>et al.</i> (2018)	Estados Unidos	12	Applied Energy
67	Yu (2018)	França	12	Energy Policy
68	Okoye and Oranekwu-Okoye (2018)	Nigéria	13	Renewable & Sustainable Energy Reviews
69	Vides-Prado <i>et al.</i> (2018)	Colômbia	8	Renewable & Sustainable Energy Reviews
70	Fereidooni <i>et al.</i> (2018)	Irã	12	Renewable & Sustainable Energy Reviews
71	Liu <i>et al.</i> (2018)	China	29	Energy Conversion and Management
72	Garcia <i>et al.</i> (2018)	Brasil	0	Brazilian Archives of Biology and Technology
73	Silveira <i>et al.</i> (2018)	Brasil	0	Brazilian Archives of Biology and Technology
74	Yu (2018)	China	0	Energy Sources Part A-Recovery Utilization and Environmental Effects
75	Choi <i>et al.</i> (2018)	Estados Unidos	0	International Journal of Sustainable Energy
76	Lee <i>et al.</i> (2018)	Estados Unidos	4	Technological and Economic Development of Economy
77	Rocha <i>et al.</i> (2017)	Brasil	9	Journal of Cleaner Production
78	Hammad <i>et al.</i> (2017)	Jordânia	17	Renewable & Sustainable Energy Reviews

79	Bahrami <i>et al.</i> (2017)	Nigéria	16	Renewable Energy
80	Patil <i>et al.</i> (2017)	Índia	26	Renewable Energy
81	Andika <i>et al.</i> (2017)	Coréia do Sul	7	Solar Energy
82	Adefarati and Bansal (2017)	África do Sul	32	Applied Energy
83	Ramli <i>et al.</i> (2017)	Arábia Saudita	3	Journal of Renewable and Sustainable Energy
84	Lari and Sahin (2017)	Arábia Saudita	14	Energy Conversion and Management
85	Asaee <i>et al.</i> (2017)	Canadá	13	Energy and Buildings
86	Qolipour <i>et al.</i> (2017)	Irã	35	Renewable & Sustainable Energy Reviews
87	Prehoda <i>et al.</i> (2017)	Estados Unidos	8	Renewable & Sustainable Energy Reviews
88	Ramirez-Sagner <i>et al.</i> (2017)	Chile	12	Renewable Energy
89	Bianchini <i>et al.</i> (2017)	Itália	19	Renewable Energy
90	Oh <i>et al.</i> (2017)	Coréia do Sul	15	Applied Energy
91	Khaenson <i>et al.</i> (2017)	Tailândia	1	International Energy Journal
92	Cucchiella <i>et al.</i> (2017)	Itália	10	Energies
93	Kazem <i>et al.</i> (2017)	Omã	10	Case Studies in Thermal Engineering
94	Vale <i>et al.</i> (2017)	Brasil	6	Energy Policy
95	Das <i>et al.</i> (2017)	Malásia	29	Renewable & Sustainable Energy Reviews
96	Anagnostopoulos <i>et al.</i> (2017)	Grécia	5	Energies
97	Peters and Madlener (2017)	Alemanha	5	Applied Energy
98	Nyholm <i>et al.</i> (2017)	Suécia	10	Renewable Energy
99	Niajalili <i>et al.</i> (2017)	Irã	8	Solar Energy
100	Sampaio and Gonzalez (2017)	Brasil	84	Renewable & Sustainable Energy Reviews
101	Camillo <i>et al.</i> (2017)	Portugal	32	Solar Energy
102	Tomosk <i>et al.</i> (2017)	Estados Unidos	5	Renewable Energy
103	Ozcan and Akyavuz (2017)	Turquia	5	Applied Thermal Engineering
104	Hairat and Ghosh (2017)	Índia	25	Renewable & Sustainable Energy Reviews
105	Silva and Hendrick (2017)	Bélgica	24	Applied Energy

106	Haegermark <i>et al.</i> (2017)	Suécia	7	Energy
107	Xue (2017)	China	4	Journal of Renewable and Sustainable Energy
108	Okoye and Solyali (2017)	Nigéria	22	Energy
109	Dowling <i>et al.</i> (2017)	Estados Unidos	32	Renewable & Sustainable Energy Reviews
110	Alsharif (2017)	Coréia do Sul	6	Energies
111	Sabo <i>et al.</i> (2017)	Malásia	7	Applied Energy
112	Asaee <i>et al.</i> (2017)	Canadá	17	Applied Energy
113	Ramirez <i>et al.</i> (2017)	Espanha	34	Energy Policy
114	Kang <i>et al.</i> (2017)	Estados Unidos	1	Journal of Renewable and Sustainable Energy
115	Emmanuel <i>et al.</i> (2017)	Nova Zelândia	12	Energy
116	Talavera <i>et al.</i> (2017)	Espanha	13	Energy
117	Modi <i>et al.</i> (2017)	Dinamarca	66	Renewable & Sustainable Energy Reviews
118	Ivan (2017)	Sérvia	1	Archives For Technical Sciences
119	Girma (2017)	Etiópia	3	International Journal of Sustainable Energy
120	Shaahid (2017)	Arábia Saudita	2	Thermal Science
121	Rodriguez-Sanchez <i>et al.</i> (2017)	Espanha	2	Energy
122	Bhakta and Mukherjee (2017)	Índia	4	Journal of Renewable and Sustainable Energy
123	Ajayi and Ohijeagbon (2017)	Nigéria	3	International Journal of Ambient Energy
124	Mokheimer <i>et al.</i> (2017)	Arábia Saudita	25	Applied Energy
125	Linssen <i>et al.</i> (2017)	Alemanha	58	Applied Energy
126	Maiorino and Valentini (2017)	Itália	3	Journal of The Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering
127	Brusco <i>et al.</i> (2016)	Itália	19	Applied Energy
128	Choi and Song (2016)	Coréia do Sul	3	Sustainability
129	Quansah and Adaramola (2016)	Gana	3	Sustainable Energy Technologies and Assessments
130	Lee <i>et al.</i> (2016)	Estados Unidos	16	Renewable Energy

131	Baneshi and Hadianfard (2016)	Irã	58	Energy Conversion and Management
132	Edalati <i>et al.</i> (2016)	Irã	24	Energy
133	Halder (2016)	Bangladesh	15	Renewable & Sustainable Energy Reviews
134	Isa <i>et al.</i> (2016)	Malásia	42	Energy
135	Hussain <i>et al.</i> (2016)	Coréia do Sul	17	Solar Energy
136	Corona <i>et al.</i> (2016)	Espanha	18	Solar Energy
137	Askari and Ameri (2016)	Irã	28	Desalination
138	Zhang <i>et al.</i> (2016)	China	8	Applied Thermal Engineering
139	Sarasa-Maestro <i>et al.</i> (2016)	Espanha	7	Energies
140	Arsalis <i>et al.</i> (2016)	Chipre	9	Energies
141	Schinko and Komendantova (2016)	Argélia	16	Renewable Energy
142	Li and Yu (2016)	China	17	Journal of Cleaner Production
143	Jones <i>et al.</i> (2016)	Jordânia	32	Desalination
144	Rodrigues <i>et al.</i> (2016)	Portugal	60	Solar Energy
145	Napoli and Rioux (2016)	Arábia Saudita	4	International Journal of Water Resources Development
146	Munoz-Cruzado-Alba <i>et al.</i> (2016)	Espanha	5	Energies
147	Lee <i>et al.</i> (2016)	Estados Unidos	17	Renewable & Sustainable Energy Reviews
148	Bendato <i>et al.</i> (2016)	Itália	15	Energy
149	Arabkoohsar <i>et al.</i> (2016)	Brasil	31	Energy
150	Ranjan and Kaushik (2016)	Índia	7	International Journal of Low-Carbon Technologies
151	Akikur <i>et al.</i> (2016)	Malásia	6	Clean Technologies and Environmental Policy
152	De Boeck <i>et al.</i> (2016)	Bélgica	31	Renewable Energy
153	Solano <i>et al.</i> (2016)	Equador	3	Ieee Latin America Transactions
154	Song and Choi (2016)	Coréia do Sul	17	Energies
155	Haysom <i>et al.</i> (2016)	Estados Unidos	10	Progress in Photovoltaics
156	Falter <i>et al.</i> (2016)	Alemanha	15	Environmental Science & Technology
157	Mehang <i>et al.</i> (2016)	Indonésia	1	International Journal of Renewable Energy Research

158	Finenko and Soundararajan (2016)	Singapura	0	International Journal of Global Energy Issues
159	Felipe Andreu <i>et al.</i> (2016)	Croácia	12	Thermal Science
160	Rahman <i>et al.</i> (2016)	Bangladesh	12	International Journal of Renewable Energy Research
161	Blanco-Silva <i>et al.</i> (2016)	Espanha	1	Journal of Environmental Protection and Ecology
162	Baral and Kim (2016)	Nepal	4	Sustainability
163	Asumadu-Sarkodie and Owusu (2016)	Gana	21	Energy Sources Part A-Recovery Utilization and Environmental Effects
164	Bianchini <i>et al.</i> (2016)	Itália	43	Renewable Energy
165	Bianchini <i>et al.</i> (2015)	Itália	9	Solar Energy
166	Cucchiella <i>et al.</i> (2015)	Itália	8	Energies
167	Xavier <i>et al.</i> (2015)	Brasil	10	Energies
168	Hirvonen <i>et al.</i> (2015)	Finlândia	12	Energy Policy
169	Poghosyan and Hassan (2015)	Emirados Árabes Unidos	24	Renewable Energy
170	Ghosh <i>et al.</i> (2015)	Índia	18	Renewable & Sustainable Energy Reviews
171	Salehin <i>et al.</i> (2015)	Bangladesh	14	International Journal of Renewable Energy Research
172	Hirth (2015)	Alemanha	36	Iet Renewable Power Generation
173	Ataei <i>et al.</i> (2015)	Irã	2	Advances in Energy Research
174	Kumar <i>et al.</i> (2014)	Índia	34	Energy For Sustainable Development
175	Chiaroni <i>et al.</i> (2014)	Itália	44	Energy Conversion and Management
176	Hoppmann <i>et al.</i> (2014)	Alemanha	192	Renewable & Sustainable Energy Reviews
177	Bakos and Petroglou (2014)	Grécia	4	Renewable Energy
178	Li <i>et al.</i> (2014)	China	21	Renewable Energy
179	Tijani <i>et al.</i> (2014)	Nigéria	10	Journal of Renewable and Sustainable Energy
180	Gonzalez and Flamant (2014)	França	6	Journal of Solar Energy Engineering-Transactions of The Asme
181	Fortunato <i>et al.</i> (2014)	Itália	12	Energy Conversion and Management
182	Holdermann <i>et al.</i> (2014)	Brasil	31	Energy Policy
183	Akikur <i>et al.</i> (2014)	Malásia	55	Energy Conversion and Management
184	Liu (2014)	China	22	International Journal of Electrical Power & Energy Systems

185	Dagtekin <i>et al.</i> (2014)	Turquia	4	Energy Exploration & Exploitation
186	Mir-Artigues (2013)	Espanha	9	Energy Policy
187	Choi <i>et al.</i> (2013)	Coréia do Sul	6	International Journal of Precision Engineering and Manufacturing
188	Orioli and Di Gangi (2013)	Itália	14	Renewable & Sustainable Energy Reviews
189	Paudel and Sarper (2013)	Estados Unidos	34	Energy
190	Schallenberg-Rodriguez (2013)	Espanha	41	Renewable & Sustainable Energy Reviews
191	Khalid and Junaidi (2013)	Paquistão	34	Renewable Energy
192	Telsnig <i>et al.</i> (2013)	África do Sul	4	Journal of Energy in Southern Africa
193	Yaqub <i>et al.</i> (2012)	Estados Unidos	5	Engineering Management Journal
194	Mitscher and Ruther (2012)	Brasil	44	Energy Policy
195	Tan <i>et al.</i> (2012)	China	11	Journal of Energy Engineering-Asce
196	Cellura <i>et al.</i> (2012)	Itália	40	Renewable & Sustainable Energy Reviews
197	Askari and Ameri (2012)	Irã	24	Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy
198	Branker <i>et al.</i> (2011)	Canadá	562	Renewable & Sustainable Energy Reviews
199	Li <i>et al.</i> (2011)	Irlanda	40	Energy
200	Peters <i>et al.</i> (2011)	Suíça	63	Energy Policy
201	Kaabeche <i>et al.</i> (2011)	Argélia	64	Solar Energy
202	Azzopardi <i>et al.</i> (2011)	Reino Unido	219	Energy & Environmental Science
203	Moser <i>et al.</i> (2011)	Marrocos	5	Journal of Solar Energy Engineering-Transactions of The Asme
204	Bilton <i>et al.</i> (2011)	Estados Unidos	30	Desalination and Water Treatment
205	Ramadhan and Naseeb (2011)	Kuwait	50	Renewable Energy
206	Mokhtar <i>et al.</i> (2010)	Emirados Árabes Unidos	45	Applied Energy
207	Mondal (2010)	Bangladesh	48	Renewable Energy
208	Bode and Sheer (2010)	África do Sul	2	Journal of Energy in Southern Africa
209	Zaki <i>et al.</i> (2010)	Malásia	8	Energy Conversion and Management

210	Qoaider and Steinbrecht (2010)	Egito	59	Applied Energy
211	Kornelakis and Koutroulis (2009)	Grécia	56	Iet Renewable Power Generation
212	Focacci (2009)	Itália	12	Renewable & Sustainable Energy Reviews
213	Moral <i>et al.</i> (2009)	Espanha	2	Spanish Journal of Agricultural Research
214	Wu <i>et al.</i> (2009)	Taiwan	35	Renewable Energy
215	Shaahid and El-Amin (2009)	Arábia Saudita	166	Renewable & Sustainable Energy Reviews
216	Al-Soud and Hrayshat (2009)	Jordânia	50	Journal of Cleaner Production
217	Olivier <i>et al.</i> (2008)	África do Sul	13	Renewable Energy
218	Shaahid and Elhadidy (2008)	Arábia Saudita	129	Renewable & Sustainable Energy Reviews
219	Shaahid and Elhadidy (2007)	Arábia Saudita	106	Renewable & Sustainable Energy Reviews
220	Bojic and Blagojevic (2006)	Sérvia	22	Energy Policy
221	Celik (2006)	Turquia	54	Renewable & Sustainable Energy Reviews
222	Ghoneim (2006)	Kuwait	113	Energy Conversion and Management
223	Odeh <i>et al.</i> (2006)	Irlanda	58	Solar Energy
224	Hosseini <i>et al.</i> (2005)	Irã	62	Renewable Energy
225	Schmid <i>et al.</i> (2004)	Brasil	54	Energy Policy
226	Varela <i>et al.</i> (2004)	Espanha	4	International Journal of Energy Research
227	Tsoutsos <i>et al.</i> (2003)	Grécia	47	Applied Thermal Engineering
228	Bakos and Soursos (2002)	Grécia	28	Energy and Buildings
229	Kolhe <i>et al.</i> (2002)	Índia	94	Energy Economics
230	El-Nashar (2001)	Emirados Árabes Unidos	53	Desalination
231	Khouzam (1999)	Austrália	7	Ieee Transactions on Energy Conversion
232	Hovsepian and Kaiser (1997)	Armênia	0	Energy Sources
233	Karim and Rahman (1993)	Bangladesh	2	Solar Energy Materials and Solar Cells
234	Sharan <i>et al.</i> (1985)	Índia	4	Solar Cells
