

ANÁLISE DE INVESTIMENTO E FINANÇAS SUSTENTÁVEIS: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DE OPÇÕES REAIS COMO FERRAMENTA FINANCEIRA PARA VIABILIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL GEOTÉRMICA.

MICHEL BECKER

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA - UNISUL

ROGERIO LACERDA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

MARCUS VINICIUS ANDRADE DE LIMA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

Introdução

Os setores de finanças/investimentos e de Energia Renovável (ER), são basilares para qualquer programa de alterações do clima. O primeiro foi identificado como fundamental para o avanço da transição energética zero-carbono, atuando como facilitador e catalisador determinante desta transformação econômica climática (Chenet et al., 2019). Já o segundo, é componente principal de qualquer estratégia de mitigação das mudanças climáticas (Arent et al., 2011) e suas tecnologias associadas tem sido alvo de um crescente interesse, tornando-se realidade nos últimos anos (Dranka et al., 2020).

Problema de Pesquisa e Objetivo

Avaliações financeiras dificultam o desenvolvimento da energia geotérmica(Lukawski et al., 2016) e a abordagem de opções reais poderia contribuir para o seu desenvolvimento (Compernelle et al., 2019; Fernandes et al., 2011). Assim, é oportuno responder: Como a abordagem de opções reais pode contribuir nas análises de investimentos em usinas geotérmicas? O artigo tem por objetivo expandir o entendimento sobre investimentos e opções reais em usinas geotérmicas, sobretudo ao: i. Selecionar ref. bibliográficas sobre o tema; ii. Realizar análises bibliométricas sobre os artigos e suas referências.

Fundamentação Teórica

A teoria das opções reais é conhecida por aumentar o valor de projetos sob incerteza, modelando sua flexibilidade, em resposta às mudanças em seus ambientes. Poderia ser usada para lidar com questões ambientais e de energia atuais, aumentando o valor dos projetos de geração de eletricidade, especialmente projetos de energia renovável(Martínez Ceseña et al., 2013). A energia geotérmica é uma fonte renovável, derivada da energia térmica armazenada no interior da Terra. Sua produção de tem uma baixa pegada de carbono e a capacidade de fornecer energia e calor contínuos(Compernelle et al., 2019).

Metodologia

Utilizou-se o processo estruturado para a seleção e análise da literatura científica ProKnow-C (Ensslin et al., 2017). Definidas as bases Scopus e WoS, e os eixos de pesquisa, análise de investimento e energia renovável, buscou-se nas bases artigos, que passaram de maneira sistemática por filtros de reconhecimento científico, alinhamento à pesquisa e aderência ao tema proposto e resultaram num Portfólio Bibliográfico (PB) que subsidiaram as análises bibliométricas.

Análise dos Resultados

Como resultado do processo metodológico formou-se um portfólio bibliográfico composto por 25 artigos, alinhados ao objetivo da pesquisa, aderente ao tema proposto e com reconhecimento científico. Nas análises bibliométricas, foram elaborados gráficos para representar adequadamente os aspectos quantitativos e cognitivos da pesquisa, cujo parâmetros observáveis são: Artigos destaques, suas referências, autores destaques, número de citações, palavras chaves e periódicos mais relevantes.

Conclusão

Esta pesquisa se propôs a apresentar um portfólio bibliográfico teórico relevante, detalhando o processo que resultou em 25 artigos. Nas análises bibliométricas evidenciou-se: a) que os periódicos destaques foram o Energy Policy, Energy Economics e Renewable and Sustainable Energy Reviews; b) como autores o pesquisador Ferreira, P. foi o único que participou com 3 trabalhos no PB selecionado e Fleten S. E. teve mais de 10 trabalhos compondo as referências do PB; e c) os artigos (Boomsma et al., 2012) e (Fernandes et al., 2011) se sobressaíram na classificação de relevância acadêmica.

Referências Bibliográficas

ARENT, D. J.; WISE, A.; GELMAN, R. The status and prospects of renewable energy for combating global warming. *Energy Economics*, 33, n. 4, p. 584-593, 2011. Article. BOOMSMA, T. K.; MEADE, N.; FLETEN, S. E. Renewable energy investments under different support schemes: A real options approach. *European Journal of Operational Research*, 220, n. 1, p. 225-237, 2012. CHENET, H.; ZAMARIOLI, L.; KRETSCHMER, B.; NARVAEZ, R. From transformational climate finance to transforming the financial system for climate. 2019.

Palavras Chave

Investments, real option, geothermal

Agradecimento a órgão de fomento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

ANÁLISE DE INVESTIMENTO E FINANÇAS SUSTENTÁVEIS: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DE OPÇÕES REAIS COMO FERRAMENTA FINANCEIRA PARA VIABILIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL GEOTÉRMICA.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças recentes ocorridas no clima mundial não têm precedentes e todas as regiões do mundo já são afetadas por eventos extremos como ondas de calor, chuvas fortes, secas e ciclones provocados pelo aquecimento global. É o que diz relatório AR6, aprovado e divulgado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), divulgado em Agosto/21 e que pela primeira vez afirma ser inequívoco que as atividades humanas causaram as mudanças climáticas. Em 2019 a concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera era maior do que em qualquer outro momento e a concentração de metano e óxido nitroso era a maior em 800 mil anos, porém, se houver uma significativa redução na emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE), pode-se limitar as mudanças climáticas (Masson-Delmotte et al., 2021).

Os setores de finanças/investimentos e de Energia Renovável (ER), são basilares para qualquer programa de alterações do clima. O primeiro, embora tenham respondido de forma lenta ao alinhamento às novas demandas da economia sustentável (Ryszawska, 2016), foi identificado como fundamental para o avanço da transição energética zero-carbono, atuando como facilitador e catalisador determinante desta transformação econômica climática (Chenet et al., 2019). Já o segundo, é componente principal de qualquer estratégia de mitigação das mudanças climáticas (Arent et al., 2011) e suas tecnologias associadas tem sido alvo de um crescente interesse, tornando-se realidade nos últimos anos (Dranka et al., 2020).

Apesar do aumento da participação da geração de ER no mundo (Arent et al., 2011) a geração renovável geotérmica, derivada da energia térmica do interior da Terra, com produção de baixo carbono e capacidade de fornecimento contínuo, não tem ganho escala e cresce abaixo das metas estabelecidas para esta fonte, sendo o financiamento apontado como uma das principais barreiras e as análises econômicas, aparentemente, sido limitadas a cálculos tradicionais de Valor Presente Líquido (VPL) (Lukawski et al., 2016).

Outros obstáculos como altos e incertos custos de investimento de capital contribuem para que a geotérmica continue marginalizada, porém avaliações utilizando opções reais permitiriam sua progressão e já provaram que podem gerar resultados melhores do que as limitadas técnicas tradicionais, diferindo significativamente de um cálculo de VPL padrão e oferecendo percepções muito mais profundas sobre os riscos associados ao desenvolvimento desta fonte (Compernelle et al., 2019; Fernandes et al., 2011). Nos investimentos de energia, o método das opções reais tem se mostrado eficaz por apresentar um valor mais realista dos projetos, permitindo que investidores possam agregar valor, utilizando a flexibilidade diante de flutuações imprevisíveis, incluindo maior precisão no cálculo de subsídios e possibilidade de utilizar certificados, importantes para o desenvolvimento sustentável e viabilidade da ER (Liu & Romm, 2020).

Os investimentos de longo prazo envolvem incertezas relevantes que podem determinar o comportamento dos investidores e do mercado, e a influência de elementos sustentáveis neste mercado de longo prazo é complexa (Ferreira et al., 2016). Projetos de ER estão frequentemente entre os tipos mais arriscados e a forma como os investidores avaliam seus investimentos exige o uso de técnicas de avaliação mais sofisticadas (Dranka et al., 2020).

Diante desta problemática é oportuno estabelecer um conhecimento, com reconhecimento científico e de forma sistematizada, para responder à pergunta: Como a abordagem de opções reais poderia contribuir nas análises de investimentos em usinas geotérmicas?

Assim, este artigo tem por objetivo expandir o entendimento sobre investimentos e opções reais em usinas geotérmicas, sobretudo ao:

- i. Selecionar referências bibliográficas sobre análise de investimentos e opções reais em usinas geotérmicas; e
- ii. Realizar análises bibliométricas sobre os artigos e suas referências, autores e periódicos proeminentes nesse tema.

Para atingir estes objetivos utilizou-se a ferramenta Knowledge Development Process – Constructivist (ProKnowC). Trata-se de um processo estruturado para seleção e análise da literatura científica, com perspectiva construtivista, considerando o propósito do pesquisador sobre um determinado tema, permitindo gerar a fundamentação necessária para o início de uma pesquisa científica (Lacerda, 2021; Lacerda et al., 2012).

A construção desse conhecimento no pesquisador é aqui representada pela seleção dos artigos científicos relevantes que comporão o portfólio bibliográfico relacionado a análise de investimentos e opções reais em usinas geotérmicas, bem como a análise bibliométrica desses artigos.

O conceito de análise bibliométrica, popularizado por Pritchard em 1969, é constituído por um conjunto de métodos e técnicas para visualização da informação, com a finalidade de elaborar mapas que possam representar adequadamente os aspectos quantitativos e cognitivos da ciência (Macedo dos Santos & Kobashi, 2009; Vanti, 2002). Os parâmetros observáveis nesta pesquisa são: os artigos selecionados, suas referências, autores, número de citações e periódicos mais relevantes

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: A seção 2 contém a fundamentação teórica; na seção 3 se encontra o enquadramento metodológico e os procedimentos utilizados nesta pesquisa; a seção 4 descreve as análises e os resultados bibliométricos; conclusões e apontamentos estão na seção 5; por fim, a última seção dedica-se às referências bibliográficas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Financiamento em ER e finanças sustentáveis – O financiamento de ER promove o sistema financeiro sustentável por meio do seu alinhamento às necessidades de longo prazo de uma economia sustentável. Ele contempla os aspectos das finanças climáticas, ao trabalhar a redução de GEE; finanças verdes, ao buscar resultados ambientais regenerativos; e finanças sustentáveis, ao melhorar os resultados ambientais, sociais e econômicos (Ryszawska, 2016). Além disto, as finanças sustentáveis também buscam, através de métricas mais robustas, modelos nos quais todos os custos e benefícios relevantes sejam devidamente contabilizados, incluindo, além do conjunto usual de fluxos de caixa, o reconhecimento explícito de fluxos de caixa incrementais atribuíveis à sustentabilidade (Popescu et al., 2021).

A avaliação econômica dos investimentos em energia - Os investimentos em energia têm características específicas que os diferenciam em relação a outros como: investimento praticamente irreversível uma vez que o capital torna-se imobilizado, impedindo de ser utilizado para outras áreas, ou empresas; há flexibilidade temporal, permitindo ao investidor

adiar a decisão para obter o melhor momento do investimento; e há a disposição diversas tecnologias de geração que podem ser escolhidas, associadas a diferentes níveis de incerteza que devem ser considerados . Portanto, torna-se obrigatório aos investidores ferramentas adequadas para análises dos investimentos, que contemplem esta matriz de riscos e incertezas (Santos et al., 2014).

Opções reais - A teoria das opções reais é conhecida por aumentar o valor de projetos sob incerteza. Isso é alcançado modelando a flexibilidade que os gerentes possuem para ajustar os projetos em resposta às mudanças em seus ambientes. Com base nisso, esta teoria poderia ser usada para lidar com questões ambientais e de energia atuais, aumentando o valor dos projetos de geração de eletricidade, especialmente projetos de energia renovável(Martínez Ceseña et al., 2013).

Energia geotérmica - A energia geotérmica é uma fonte energética renovável, derivada da energia térmica gerada e armazenada no interior da Terra. A produção de energia geotérmica tem uma baixa pegada de carbono (*Carbon footprint*) e a capacidade de fornecer energia e calor contínuos. É considerada um recurso energético abundante, mas apesar de seus benefícios ambientais e econômicos e em oposição à maioria das outras energias renováveis, o desenvolvimento da energia geotérmica está abaixo da trajetória prevista para esta fonte. Custos de investimento iniciais e múltiplas fontes de incerteza resultam em um grande risco de investimento, dificultando a mobilização do capital necessário (Compernelle et al., 2019).

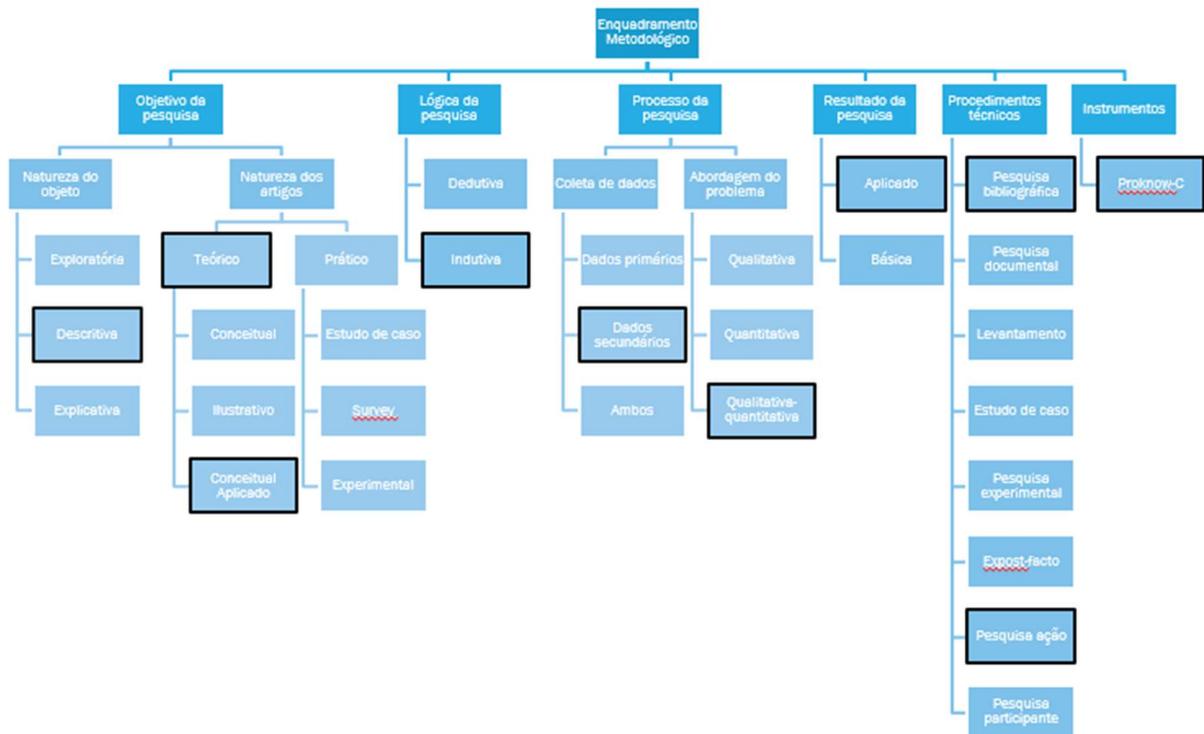
3. METODOLOGIA

Considerando que não existe uma maneira melhor de realizar todas as pesquisas, que as escolhas metodológicas têm impacto sobre a descoberta, que as abordagens, estratégias e métodos mais adequados para pesquisa relacionam-se com o problema abordado(Calvetti, 2019; SAUNDERS, 2009), esta seção objetiva fornecer ao leitor informações suficientes para fazer uma estimativa da confiabilidade e validade dos métodos utilizados nesta pesquisa

3.1. Enquadramento metodológico

As opções selecionadas quanto aos métodos, técnicas e procedimentos aplicados nesta pesquisa estão dispostos na .

Figura 1 - Enquadramento Metodológico



Fonte: Adaptação de (Lacerda et al., 2012)

3.2. Instrumento de Intervenção

A revisão de literatura é um passo inicial para fornecer a base sobre a qual uma pesquisa é construída, tendo como principais objetivos ajudar a desenvolver uma boa compreensão e visão sobre pesquisas anteriores, tendências e revisar as mais relevantes e significativas pesquisas sobre o tema de interesse. Ainda segundo o autor, uma análise eficaz permite familiaridade com o estado atual de conhecimento sobre determinado assunto e as respectivas limitações nas pesquisas (SAUNDERS, 2009).

Assim, objetivando estabelecer um referencial que retrate uma amostra representativa do tema, utilizou-se como instrumento de intervenção o processo estruturado para a seleção e análise da literatura científica denominado Knowledge Development Process-Constructivist - ProKnow-C, concebido no Laboratório de Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (LabMCDA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (Ensslin et al., 2017).

Dentre os processos do ProKnow-C, esta pesquisa limita-se a abordar as etapas correspondentes da seleção do portfólio bibliográfico e as etapas que envolvem a análise bibliométrica. Adiante caracterizar-se-á detalhadamente os procedimentos adotados, com este instrumento, em cada uma das fases da investigação.

3.3. Levantamento inicial para seleção do portfólio

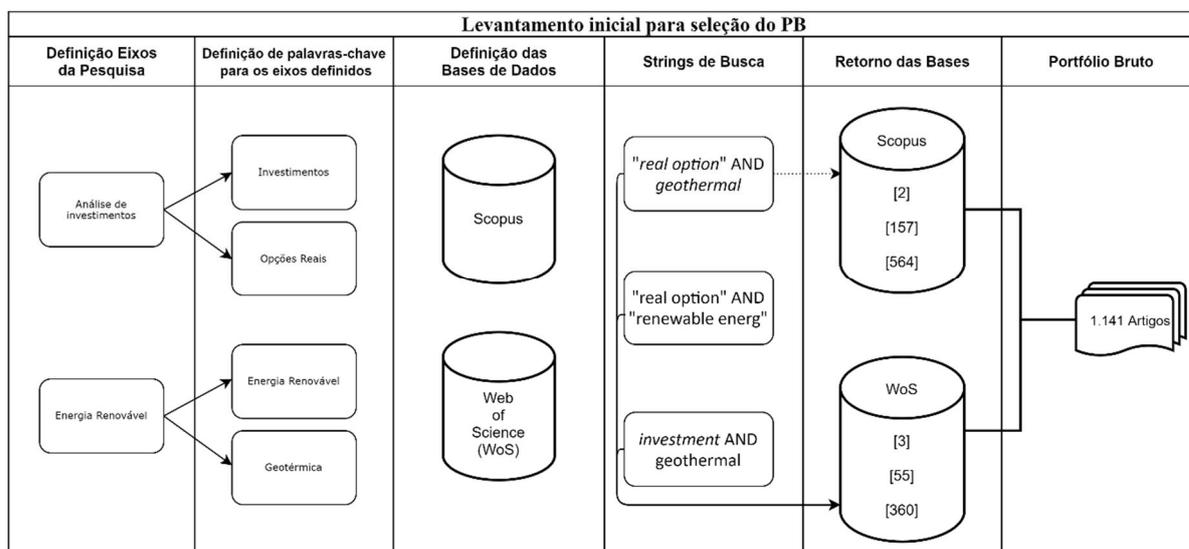
O levantamento inicial é composto pela etapa de seleção de artigos que formarão um banco de dados brutos, permanecendo posteriormente, apenas artigos julgados de maior expressividade na área de conhecimento ao tema da pesquisa.

Os procedimentos descritos neste estudo foram realizados em Junho de 2021 e somente foram considerados os artigos publicados, nas bases mencionadas, nos últimos 10 anos (de 2011 a 2021).

Foram definidas duas bases de dados científicas, a Scopus e a Web of Science, ambas por serem consideradas expoentes relevantes na comunidade científica internacional, além de oferecer possibilidades de busca e filtros avançados, com uso de expressões booleanas. Por conta disto, entende os autores que as bases selecionadas são adequadas para proposta desta pesquisa.

Dois eixos de pesquisa foram combinados, análise de investimentos e energia renováveis, e definidas as palavras chaves que subsidiaram as buscas nas bases selecionadas. As combinações das palavras, realizadas por meio das *strings* de busca, e o número de artigos encontrados em cada base, podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2 - Levantamento Inicial para seleção do PB



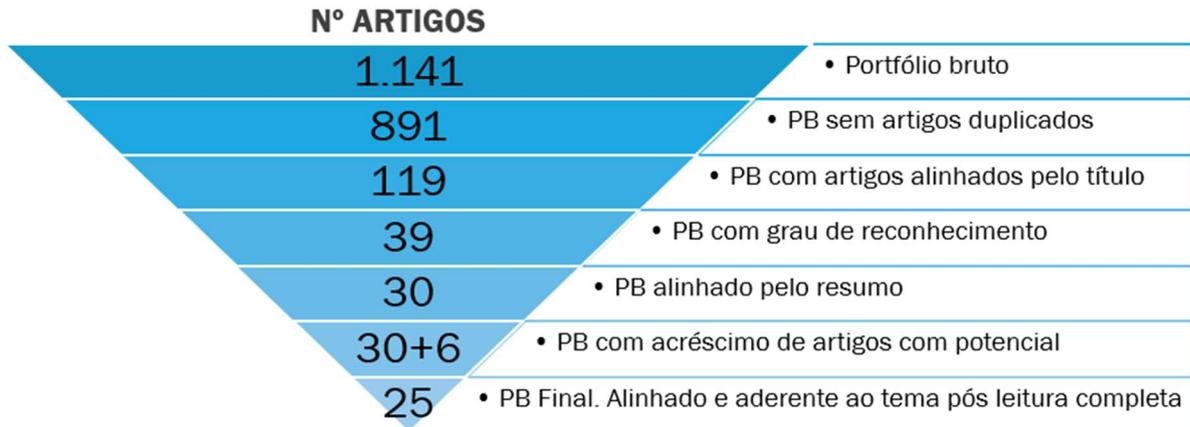
Como resultado desta etapa foram obtidos 1.141 artigos, que passam a compor o Banco de Artigos Bruto.

3.4. Escolha dos artigos para compor o portfólio bibliográfico

Prosseguindo com o processo ProKnow-C, com o auxílio do software EndNote20, a próxima etapa constituiu-se na identificação e exclusão de artigos duplicados, resultando na eliminação de 250 referências. Dos 891 documentos restantes, foi realizada a leitura dos títulos dos artigos, para eliminação dos desalinhados aos eixos de pesquisa inicialmente definidos, resultando em 119 artigos.

O processo com as etapas de filtragem dos artigos do portfólio bibliográfico bruto, é ilustrado na Figura 3.

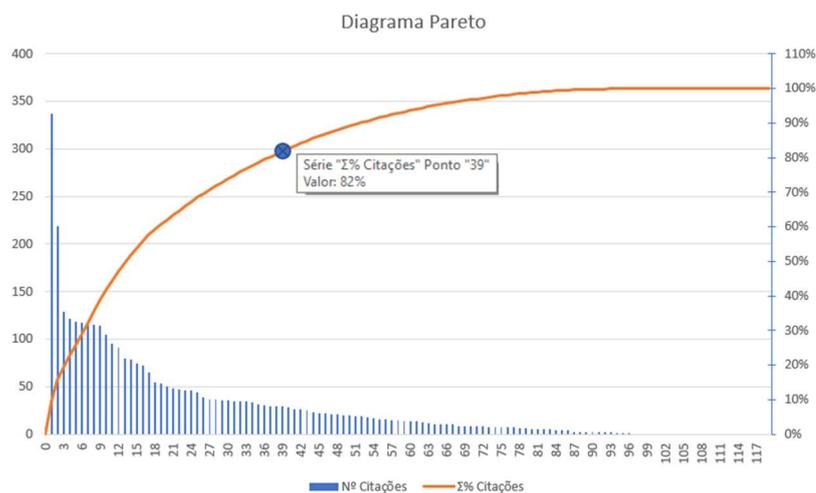
Figura 3 - Etapas de Filtragem



O passo seguinte compreendeu a análise do reconhecimento científico desses 119 artigos, embasado no número de citações de cada um, com auxílio da ferramenta online identificada por Google Scholar (Google, 2021) e com apoio do software ZOTERO. Estes artigos foram classificados em ordem decrescente, permitindo a identificação dos mais relevantes.

Os autores dessa pesquisa adotaram o indicador de 82% dos artigos mais citados, para valor de corte, que correspondem a 39 artigos, totalizando 2.909 citações, conforme Figura 4. Os 80 artigos não selecionados, com reconhecimento científico ainda não confirmado, em consonância com o ProKnow-C, passarão por novas análises e avaliações.

Figura 4 - Seleção de Artigos por Reconhecimento Científico



Sobre os 39 artigos selecionados, foram analisados quanto ao alinhamento à pesquisa e aderência ao tema proposto, a partir da leitura dos respectivos resumos, sendo eliminado 9 artigos nesta fase, restando selecionados 30 artigos.

Na etapa seguinte foram recuperados os 80 artigos, que representam 18% das citações, com provável potencial de reconhecimento científico e pendentes de confirmação. Destes, os que tiveram sua publicação realizadas nos dois últimos anos (pós 2019), por entender que tiveram pouca possibilidade de serem citados, tiveram seu resumo lido para conferir o alinhamento ao tema. Para os documentos com mais de dois anos, o autor da obra foi confrontado com o banco de autores que compuseram os artigos selecionados na etapa anterior,

não havendo coincidência entre nenhum dos autores eliminou-se o artigo, do contrário, o resumo também foi lido para confirmar aderência. Nesta etapa foram selecionados 6 artigos.

Todos os 36 artigos selecionados tiveram a leitura integral realizada, para identificação de alinhamento à pesquisa e aderência ao tema proposto, tendo sido eliminados 11 documentos nesta fase, resultando num portfólio bibliográfico composto por 25 artigos, os quais formaram o PB desta pesquisa. A partir deste PB, efetuaram-se as análises bibliométricas que subsidiaram os resultados e a descrição deste relatório.

4. RESULTADOS

Como resultado do processo metodológico apresentado na etapa anterior, formou-se um PB composto por 25 artigos, que estão dispostos em ordem decrescente de citações, conforme Figura 5

Figura 5 -Quadro de Artigos do PB

Seq.	Autores	Título	Ano	Nº Citações
1	T. K. Boomsma, N. Meade and S. E. Fleten	Renewable energy investments under different support schemes: A real options approach	2012	337
2	B. Fernandes, J. Cunha and P. Ferreira	The use of real options approach in energy sector investments	2011	219
3	E. A. Martínez Ceseña, J. Mutale and F. Rivas-Dávalos	Real options theory applied to electricity generation projects: A review	2013	121
4	S. Fuss, J. Szolgayová, N. Khabarov and M. Obersteiner	Renewables and climate change mitigation: Irreversible energy investment under uncertainty and portfolio effects	2012	118
5	E. A. Martínez-Ceseña and J. Mutale	Application of an advanced real options approach for renewable energy generation projects planning	2011	115
6	L. Santos, I. Soares, C. Mendes and P. Ferreira	Real Options versus Traditional Methods to assess Renewable Energy Projects	2014	115
7	K. Kim, H. Park and H. Kim	Real options analysis for renewable energy investment decisions in developing countries	2017	114
8	I. Ritzenhofen and S. Spinler	Optimal design of feed-in-tariffs to stimulate renewable energy investments under regulatory uncertainty - A real options analysis	2016	105
9	S. Bruno, S. Ahmed, A. Shapiro and A. Street	Risk neutral and risk averse approaches to multistage renewable investment planning under uncertainty	2016	80
10	J. A. Schachter and P. Mancarella	A critical review of Real Options thinking for valuing investment flexibility in Smart Grids and low carbon energy systems	2016	74
11	N. Detert and K. Kotani	Real options approach to renewable energy investments in Mongolia	2013	72
12	P. K. Wesseh, Jr. and B. Lin	Renewable energy technologies as beacon of cleaner production: A real options valuation analysis for Liberia	2015	65
13	M. Kozlova	Real option valuation in renewable energy literature: Research focus, trends and design	2017	55
14	T. K. Boomsma and K. Linnerud	Market and policy risk under different renewable electricity support schemes	2015	53
15	M. Z. Lukawski, R. L. Silverman and J. W. Tester	Uncertainty analysis of geothermal well drilling and completion costs	2016	48
16	S. E. Fleten, K. Linnerud, P. Molnár and M. Tandberg Nygaard	Green electricity investment timing in practice: Real options or net present value?	2016	47
17	M. M. Zhang, D. Q. Zhou, P. Zhou and H. T. Chen	Optimal design of subsidy to stimulate renewable energy investments: The case of China	2017	46
18	H. X. Li, D. J. Edwards, M. R. Hosseini and G. P. Costin	A review on renewable energy transition in Australia: An updated depiction	2020	44
19	C. Y. Chang	A critical analysis of recent advances in the techniques for the evaluation of renewable energy projects	2013	39
20	M. Cárdenas Rodríguez, I. Hašič, N. Johnstone, J. Silva and A. Ferey	Renewable Energy Policies and Private Sector Investment: Evidence from Financial Microdata	2015	37
21	M. M. Zhang, Q. Wang, D. Zhou and H. Ding	Evaluating uncertain investment decisions in low-carbon transition toward renewable energy	2019	26
22	A. C. Passos, A. Street and L. A. Barroso	A Dynamic Real Option-Based Investment Model for Renewable Energy Portfolios	2017	15
23	G. G. Dranka, J. Cunha, J. D. de Lima and P. Ferreira	Economic evaluation methodologies for renewable energy projects	2020	9
24	T. Compennolle, K. Welkenhuysen, E. Petitclerc, D. Maes and K.	The impact of policy measures on profitability and risk in geothermal energy investments	2019	9
25	X. Liu and E. I. Ronn	Using the binomial model for the valuation of real options in computing optimal subsidies for Chinese renewable energy investments	2020	8

4.1. Análise bibliométrica do PB

A bibliometria é uma técnica quantitativa e estatística para medir índices de produção e disseminação do conhecimento, bem como acompanhar o desenvolvimento de diversas áreas científicas e os padrões de autoria, publicação e uso dos resultados de investigação (Costa, 2012). Esta seção tem por finalidade apresentar as análises e estudos de bibliometria realizados sobre o PB.

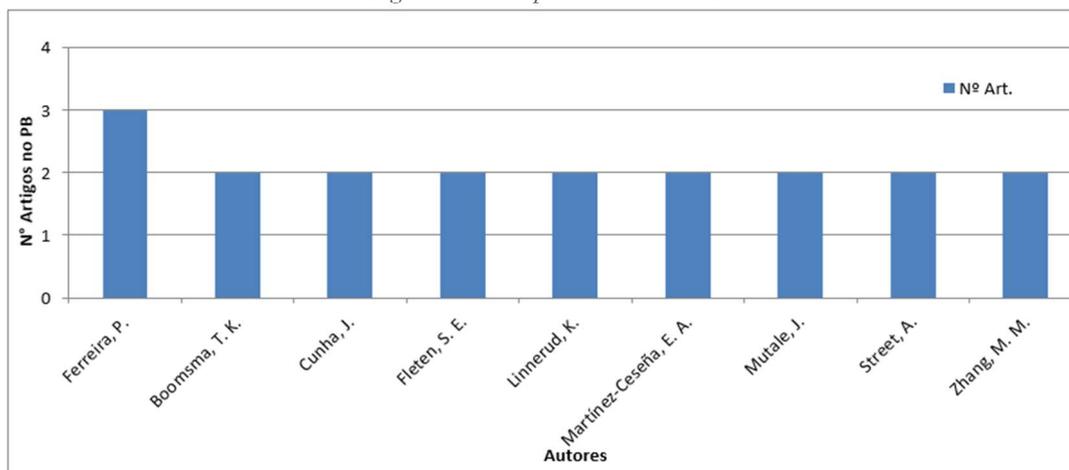
i. Artigos

Ao analisar o reconhecimento científico dos artigos do PB, identificado através da maior quantidade de citações no Google Acadêmico em junho de 2020, coluna “Nº de citações” da Figura 5, é possível destacar os artigos (Boomsma et al., 2012) e (Fernandes et al., 2011), com 337 e 219 citações respectivamente, que correspondem a 28% do total de citações.

ii. Autores

Os autores dos artigos que compuseram o referencial teórico selecionado, que participaram em mais de um artigo da amostra, estão expostos na Figura 6. Destaca-se Ferreira, P. como o de maior relevância, participando com três artigos publicados.

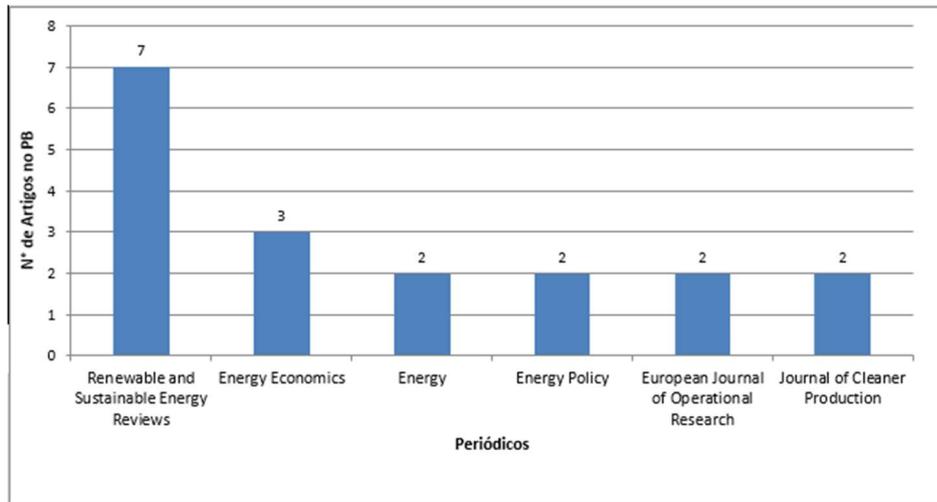
Figura 6 - Principais Autores do PB



iii. Periódicos

Seis periódicos tiveram mais de uma publicação no PB estão apresentados na Figura 7. Destaca-se a revista *Renewable and Sustainable Energy Reviews* como a de maior relevância, com sete artigos publicados (28%), mais que o dobro de publicação em relação aos demais.

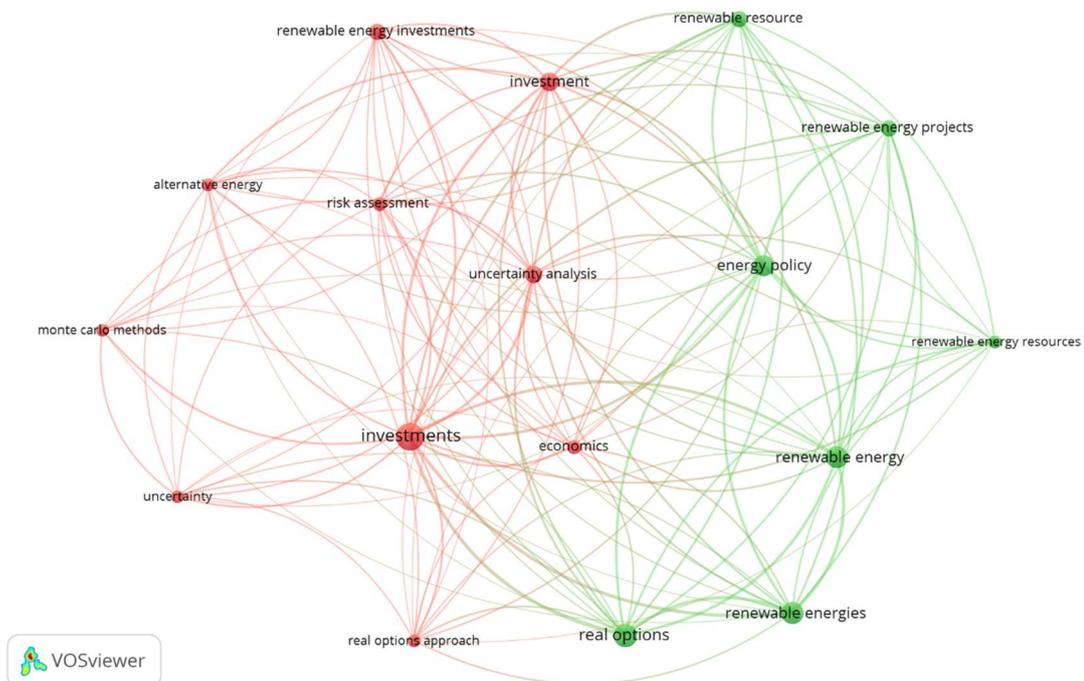
Figura 7 - Principais Periódicos do PB



iv. Palavras-Chave

A análise das palavras chaves em destaque foi realizada através de rede de co-ocorrências dos artigos do PB, com auxílio do software VOSviewer, constituindo-se para a base de análise as sessões do título, resumo e a lista de palavras-chave dos documentos. A Figura 8 demonstra através do tamanho do círculo a frequência de ocorrências das palavras-chave e a força de associação é representada pela proximidade entre elas.

Figura 8 - Palavras-Chave do PB



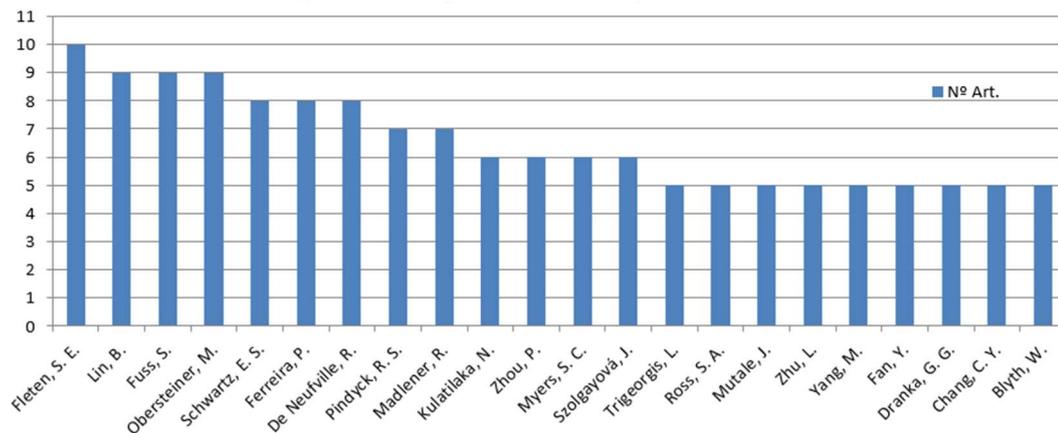
4.2. Análise bibliométrica das referências do PB

Com vistas a aperfeiçoar a identificação dos autores, artigos e periódicos que se destacam no contexto desta pesquisa, foram analisados os 703 artigos citados nas referências do PB, cujos resultados seguem descritos.

i. Autores de destaque

O autor de maior relevância entre os artigos que compuseram as referências do PB, é Fleten S. E., tendo publicado dez artigos. Sua posição entre os autores que tiveram mais de 5 publicações nas referências do PB pode ser observada na Figura 9.

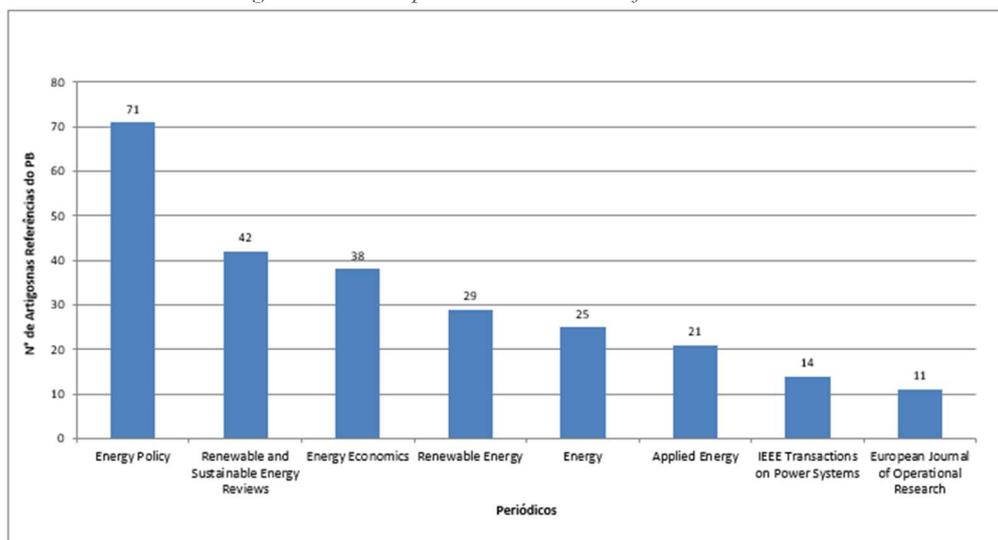
Figura 9 – Principais Autores nas Referências do PB



ii. Periódicos

Os periódicos que publicaram mais de dez artigos citados nas referências do PB, estão apresentados na Figura 10. Destaca-se a revista *Energy Policy* com a publicação de setenta e um artigos, representando mais que o dobro da média de publicação entre os periódicos destacados.

Figura 10 – Principais Periódicos nas Referências do PB

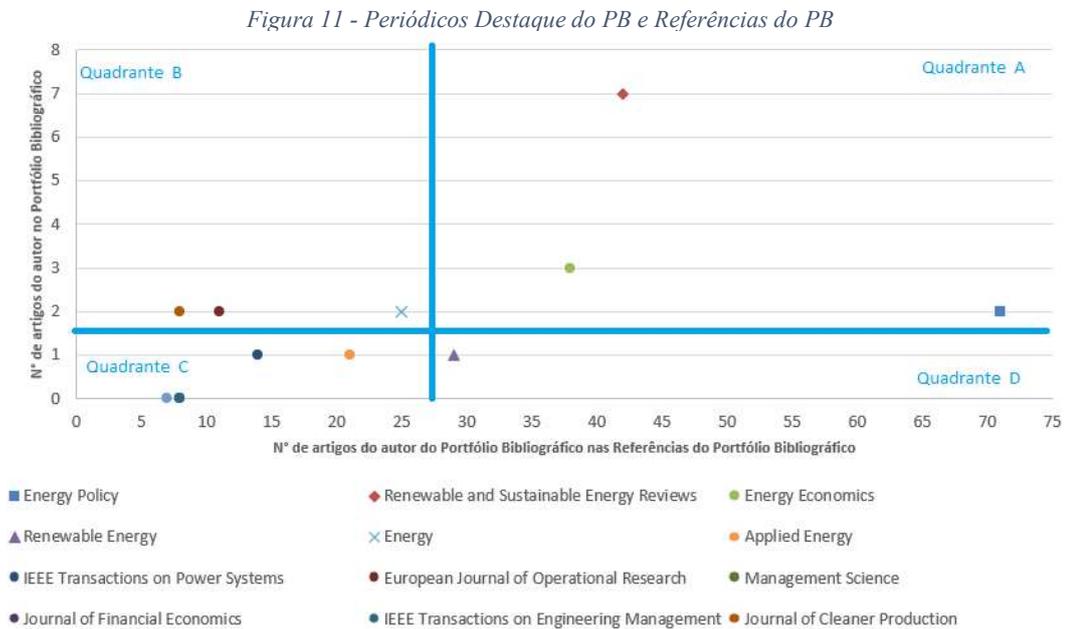


4.3. Análise bibliométrica, PB versus referências do PB

Prosseguindo com o objetivo de eleger um conjunto relevante de artigos, autores e periódicos proeminentes no tema, por meio da bibliometria, confrontou-se os dados do PB, com os das suas referências, aprimorando as análises.

i. Periódicos

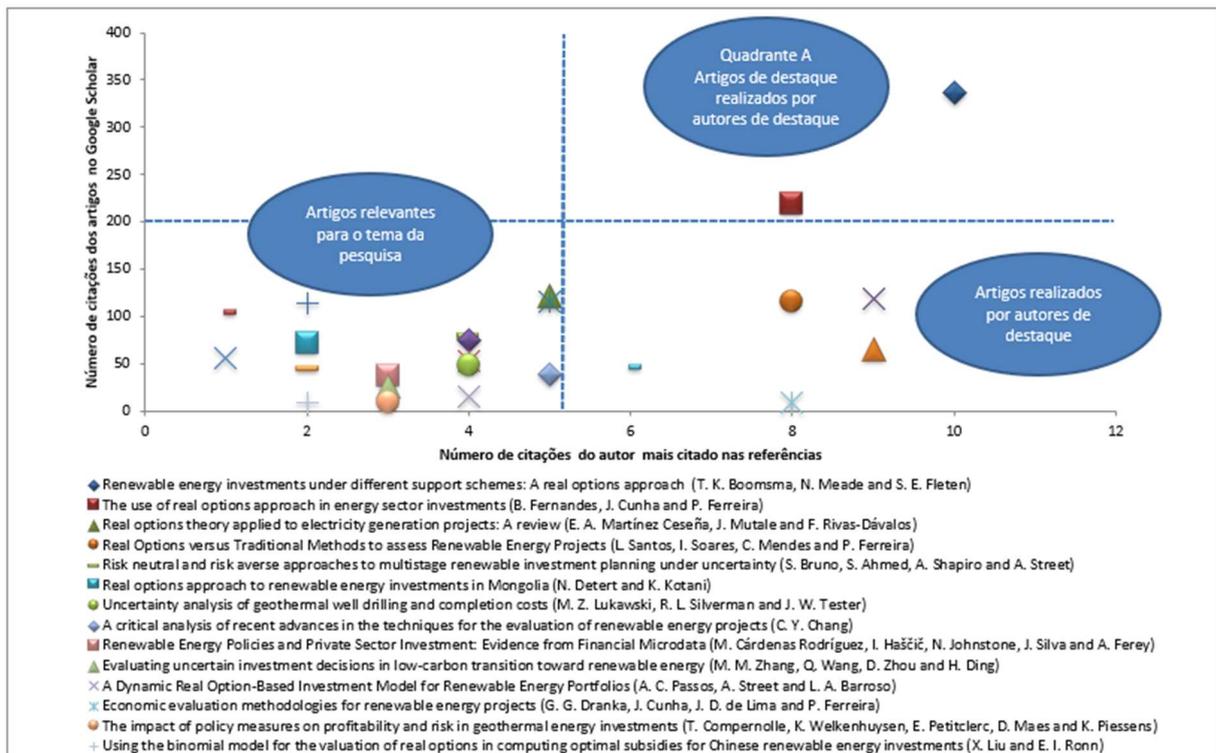
Os periódicos com mais de seis publicações de artigos relativos as referências do PB, foram confrontados com os periódicos do PB, conforme ilustrado na Figura 11. Destacaram-se as revistas posicionadas no quadrante A, *Energy Policy*, *Energy Economics* e *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, que se sobressaíram tanto no PB, quanto em suas referências.



ii. Classificação dos artigos conforme relevância acadêmica na amostra

Para classificar os artigos do PB pela sua relevância acadêmica, foram adotados dois eixos de avaliação: 1) número de citações no Google Scholar (2021) que o artigo obteve desde sua publicação; 2) número de citações do autor mais citado na análise das referências bibliográficas dos artigos do portfólio, conforme Figura 12.

Figura 12 - Classificação dos Artigos Conforme sua Relevância Acadêmica.



Para análise foram traçadas uma linha horizontal e outra vertical, delimitando quatro quadrantes, que acomodam as combinações entre o número de citações do artigo em função da citação do autor mais citado nas referências. O quadrante A é o que identifica os artigos que possuem um maior potencial contributivo para o tema desta pesquisa, contendo artigos que foram destaque, elaborados por autores destacados, sendo representado por (Boomsma et al., 2012; Fernandes et al., 2011).

5. CONCLUSÃO

Diante da iminente necessidade de se criar mecanismos mitigadores do aquecimento global, o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas que aprimorem ferramentas financeiras e contribuam para viabilidade de projetos em energias renováveis, torna-se elementar.

Amparado neste contexto, a presente pesquisa se propôs a apresentar um portfólio bibliográfico teórico relevante, detalhando o processo sistemático utilizado (Proknow-c), que partiu da avaliação de 1.141 artigos, os quais perfizeram um portfólio de 25 artigos dispostos na Figura 5.

Também foram realizadas análises bibliométricas a partir do PB e das referências do PB, evidenciando: a) que os periódicos destaques foram o *Energy Policy*, *Energy Economics* e *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; b) como autores o pesquisador Ferreira, P. foi o único que participou com três trabalhos no PB selecionado e Fleten S. E. teve mais de dez trabalhos compondo as referências do PB; e c) os artigos (Boomsma et al., 2012) e (Fernandes et al., 2011) se sobressaíram na classificação de relevância acadêmica realizada sob a ótica de número de citações e como autores mais citados nas referências bibliográficas dos artigos selecionados no portfólio final.

Esta evidenciação dos artigos, autores e periódicos mais relevantes na área contribuirá para o suporte teórico dos trabalhos acadêmicos e científicos futuros. dentre os possíveis, há a análise sistêmica do portfólio selecionado, com vistas a identificar oportunidades de pesquisa por meio da análise de conteúdo.

Este estudo limitou suas análises apenas em publicações de artigos, indexados às bases de dados Scopus e Web of Science, entre 2011 e 2021.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arent, D. J., Wise, A., & Gelman, R. (2011). The status and prospects of renewable energy for combating global warming [Article]. *Energy Economics*, 33(4), 584-593. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79955664178&doi=10.1016%2fj.eneco.2010.11.003&partnerID=40&md5=b15d1550c43a0c4fc01edb038738cf4d>
- Boomsma, T. K., & Linnerud, K. (2015). Market and policy risk under different renewable electricity support schemes. *Energy*, 89, 435-448. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.114>
- Boomsma, T. K., Meade, N., & Fleten, S. E. (2012). Renewable energy investments under different support schemes: A real options approach. *European Journal of Operational Research*, 220(1), 225-237. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.017>
- Bruno, S., Ahmed, S., Shapiro, A., & Street, A. (2016). Risk neutral and risk averse approaches to multistage renewable investment planning under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 250(3), 979-989. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.10.013>
- Calvetti, E. S., Lacerda, R. T. O., & Bernardes, M. L. (2019). UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO ÁGIL DE SOFTWARE SOB A PERSPECTIVA DO CONSTRUTIVISMO. *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, 6, 1-28. <https://doi.org/10.18226/23190639.v6n3.01>
- Cárdenas Rodríguez, M., Hašič, I., Johnstone, N., Silva, J., & Ferey, A. (2015). Renewable Energy Policies and Private Sector Investment: Evidence from Financial Microdata. *Environmental and Resource Economics*, 62(1), 163-188. <https://doi.org/10.1007/s10640-014-9820-x>
- Chang, C. Y. (2013). A critical analysis of recent advances in the techniques for the evaluation of renewable energy projects. *International Journal of Project Management*, 31(7), 1057-1067. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.03.001>
- Chenet, H., Zamarioli, L., Kretschmer, B., & Narvaez, R. (2019). *From transformational climate finance to transforming the financial system for climate*.
- Compernelle, T., Welkenhuysen, K., Petitclerc, E., Maes, D., & Piessens, K. (2019). The impact of policy measures on profitability and risk in geothermal energy investments. *Energy Economics*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104524>
- Costa, T., Sílvia Lopes, Fernández-Llimós, S. L., F., Lopes, M. J. A. P. F. (2012). *A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas* ACTAS Congresso nacional de bibliotecários, arquivistas e documentalistas, Portugal.
- Detert, N., & Kotani, K. (2013). Real options approach to renewable energy investments in Mongolia. *Energy Policy*, 56, 136-150. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.003>
- Dranka, G. G., Cunha, J., de Lima, J. D., & Ferreira, P. (2020). Economic evaluation methodologies for renewable energy projects. *AIMS Energy*, 8(2), 339-364. <https://doi.org/10.3934/ENERGY.2020.2.339>
- Ensslin, L., Ensslin, S. R., Dutra, A., Nunes, N. A., & Reis, C. (2017). BPM governance: a literature analysis of performance evaluation. *Business Process Management Journal*, 23(1), 71-86. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2015-0159>

- Fernandes, B., Cunha, J., & Ferreira, P. (2011). The use of real options approach in energy sector investments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4491-4497. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.102>
- Ferreira, M. C. R. d. C., Amorim Sobreiro, V., Kimura, H., & Luiz de Moraes Barboza, F. (2016). A systematic review of literature about finance and sustainability [Article]. *Journal of Sustainable Finance and Investment*, 6(2), 112-147. <https://doi.org/10.1080/20430795.2016.1177438>
- Fleten, S. E., Linnerud, K., Molnár, P., & Tandberg Nygaard, M. (2016). Green electricity investment timing in practice: Real options or net present value? *Energy*, 116, 498-506. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.114>
- Fuss, S., Szolgayová, J., Khabarov, N., & Obersteiner, M. (2012). Renewables and climate change mitigation: Irreversible energy investment under uncertainty and portfolio effects. *Energy Policy*, 40(1), 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.061>
- Kim, K., Park, H., & Kim, H. (2017). Real options analysis for renewable energy investment decisions in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 918-926. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.073>
- Kozlova, M. (2017). Real option valuation in renewable energy literature: Research focus, trends and design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 180-196. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.166>
- Lacerda, R. T. d. O. (2021). Disciplina de revisão sistemática da literatura: bibliometria, análise de conteúdo e identificação de oportunidades de pesquisa do Programa de Pós Graduação em Administração. UFSC. Notas de aula. In.
- Lacerda, R. T. d. O., Ensslin, L., & Ensslin, S. R. (2012). Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho [A bibliometric analysis of strategy and performance measurement]. *Gestão & Produção*, 19(1), 59-78. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000100005>
- Li, H. X., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Costin, G. P. (2020). A review on renewable energy transition in Australia: An updated depiction. *Journal of Cleaner Production*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118475>
- Liu, X., & Ronn, E. I. (2020). Using the binomial model for the valuation of real options in computing optimal subsidies for Chinese renewable energy investments. *Energy Economics*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104692>
- Lukawski, M. Z., Silverman, R. L., & Tester, J. W. (2016). Uncertainty analysis of geothermal well drilling and completion costs. *Geothermics*, 64, 382-391. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2016.06.017>
- Macedo dos Santos, R., & Kobashi, N. (2009). BIBLIOMETRIA, CIENTOMETRIA, INFOMETRIA: conceitos e aplicações. 2.
- Martínez-Ceseña, E. A., & Mutale, J. (2011). Application of an advanced real options approach for renewable energy generation projects planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2087-2094. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.016>
- Martínez Ceseña, E. A., Mutale, J., & Rivas-Dávalos, F. (2013). Real options theory applied to electricity generation projects: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 573-581. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.059>
- Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S., L. Connors, C. P., S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B., & R. Matthews, T. K. M., T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.). (2021). *IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge University Press. InPress., Issue. C. U. P. In & Press.

- Passos, A. C., Street, A., & Barroso, L. A. (2017). A Dynamic Real Option-Based Investment Model for Renewable Energy Portfolios. *IEEE Transactions on Power Systems*, 32(2), 883-895. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2016.2564983>
- Popescu, I. S., Hitaj, C., & Benetto, E. (2021). Measuring the sustainability of investment funds: A critical review of methods and frameworks in sustainable finance [Review]. *Journal of Cleaner Production*, 314, Article 128016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128016>
- Ritzenhofen, I., & Spinler, S. (2016). Optimal design of feed-in-tariffs to stimulate renewable energy investments under regulatory uncertainty - A real options analysis. *Energy Economics*, 53, 76-89. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.12.008>
- Ryszawska, B. (2016). Sustainability transition needs sustainable finance [sustainability transition; sustainable finance; climate finance; green finance]. *Copernican Journal of Finance & Accounting*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.12775/cjfa.2016.011>
- Santos, L., Soares, I., Mendes, C., & Ferreira, P. (2014). Real Options versus Traditional Methods to assess Renewable Energy Projects. *Renewable Energy*, 68, 588-594. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.01.038>
- SAUNDERS, M. N. K., LEWIS, P., THORNHILL, A. . (2009). *Research Methods for Business Students*. (Fifth edition ed.). Harlow.
- Schachter, J. A., & Mancarella, P. (2016). A critical review of Real Options thinking for valuing investment flexibility in Smart Grids and low carbon energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 261-271. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.071>
- Vanti, N. A. P. (2002). Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento [From bibliometry to webometry: a conceptual exploration of several forms of measuring information and knowledge]. *Ciência da Informação*, 31(2), 369-379. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652002000200016&lang=pt
- Wesseh, P. K., Jr., & Lin, B. (2015). Renewable energy technologies as beacon of cleaner production: A real options valuation analysis for Liberia. *Journal of Cleaner Production*, 90, 300-310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.062>
- Zhang, M. M., Wang, Q., Zhou, D., & Ding, H. (2019). Evaluating uncertain investment decisions in low-carbon transition toward renewable energy. *Applied Energy*, 240, 1049-1060. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.205>
- Zhang, M. M., Zhou, D. Q., Zhou, P., & Chen, H. T. (2017). Optimal design of subsidy to stimulate renewable energy investments: The case of China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 873-883. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.115>