



Estudo Bibliométrico da produção científica sobre conversores de energia das ondas do mar

Bibliometric study of scientific production on ocean wave energy converters

Rodrigo Costa Batista¹

 <https://orcid.org/0000-0003-2393-8379>

 <http://lattes.cnpq.br/5702394893957395>

Mateus das Neves Gomes²

 <https://orcid.org/0000-0002-3277-2553>

 <http://lattes.cnpq.br/7153399270700704>

RESUMO

O crescimento da demanda global de energia, juntamente com a necessidade de conservação de recursos naturais, levou a uma diversificação do mercado energético, focado em fontes renováveis. A matriz energética brasileira é caracterizada como a mais renovável do mundo, com 61,90% de sua composição proveniente de energia hidroelétrica. Estudos indicam a viabilidade para a exploração energética das ondas no litoral do país e diversas soluções têm sido estudadas para o aproveitamento desta energia, porém ainda não existe uma alternativa consolidada do ponto de vista comercial. Com o intuito de fornecer uma visão geral das pesquisas realizadas nos últimos cinco anos na área de conversão de energia das ondas do mar, foi conduzido um estudo bibliométrico utilizando o método Ordinatío nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Os resultados permitiram a visualização dos estudos realizados em países com elevado desenvolvimento socioeconômico nos últimos cinco anos. O método mostrou-se eficaz ao revelar tendências e destaques entre as publicações, destacando a baixa produção científica brasileira e a necessidade de fomentar pesquisas que nortearão o avanço do setor.

Palavras-chave: análise numérica; cientometria; dispositivos; energia renovável; fontes de energia alternativas.

ABSTRACT

The growth of global energy demand, coupled with the need to preserve natural resources, has led to a diversification of the energy market, focusing on renewable sources. The Brazilian energy matrix is characterized as the most renewable in the world; however, 61,90% of its composition comes from hydroelectric energy. Studies indicate the feasibility of exploiting wave energy throughout the coast of the country and several solutions have been studied on the use of this energy. Yet, there is still no consolidated alternative from a commercial standpoint. Aiming at providing an overview of the research carried out in the area of ocean wave energy

¹ Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande/RS - Brasil. E-mail: rodrigo.cb@ifsp.edu.br

² E-mail: mateus.gomes@ifpr.edu.br



conversion along the past five years, a bibliometric study was conducted using the Ordinato method on the Web of Science and Scopus databases. The results allowed the visualization of studies conducted in countries with high socioeconomic development in the last five years. The method proved to be effective in revealing trends and highlights among the publications, highlighting the low Brazilian scientific production and the need to foster research that will guide advances in the sector.

Keywords: *numeric analysis; scientometrics; devices; renewable energy; alternative energy sources.*

1. INTRODUÇÃO

As ondas possuem um potencial global estimado de 2 TW/ano, que é aproximadamente o consumo mundial de eletricidade. No entanto, devido à sua irregularidade e as restrições físicas para construir uma tomada de força em CEOs, apenas 25% do potencial disponível, cerca de 0,5 TW, pode ser aproveitado, de acordo com Cruz (2007, p. 91).

Oliveira (2019, p. 71) demonstra a existência de potencial de geração de energia pelas ondas do mar, uma fonte renovável, com possibilidades de contribuir para o desenvolvimento econômico e social do país. Em particular, o litoral sul do Brasil apresenta características climáticas favoráveis ao desenvolvimento de energia pelas ondas do oceano. Estudos realizados em universidades brasileiras indicam a viabilidade do uso de modelos de conversão de energia por ondas do mar em elétrica no Brasil.

Sheng (2019, p. 483) relata que as atuais tecnologias de energia das ondas são muito diversificadas em função dos princípios de conversão de energia, existindo um número grande de dispositivos e princípios de conversão propostos e patenteados. Entretanto, apenas alguns deles foram desenvolvidos e avançados para níveis de tecnologia mais elevados, sendo eles: os do tipo corpos oscilantes, absorvedores pontuais, dispositivos atenuadores, dispositivo de corpos oscilante e galgamento.

Atualmente, embora diversas soluções estejam sendo estudadas para aproveitar a energia das ondas, ainda não há uma alternativa consolidada comercialmente. Este trabalho propõe um estudo bibliométrico sobre a produção científica em dispositivos conversores de energia das ondas do mar, visando oferecer um panorama da pesquisa na área e orientar estudos futuros. O artigo analisa a produção científica global dos últimos cinco anos utilizando o método Ordinato nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, buscando entender o desenvolvimento internacional e refletir sobre a produção nacional nesse campo.

O trabalho está organizado por esta introdução que aborda a revisão da literatura sobre o potencial energético dos oceanos e das tecnologias de conversão da energia das ondas do mar; posteriormente apresenta-se a metodologia utilizada no presente estudo, seguido da análise dos resultados do estudo bibliométrico e as considerações finais.



1.1. POTENCIAL ENERGÉTICO DOS OCEANOS

O crescimento da demanda global de energia, em especial a elétrica, juntamente com a necessidade de conservação de recursos naturais e redução das emissões de carbono, levou a uma diversificação do mercado de energia, com foco no uso de fontes de energia renováveis. Nesse sentido, o oceano se destaca como fonte alternativa promissora devido ao grande potencial energético disponível (Seibt, 2019, p. 543).

A energia presente nos oceanos pode ser aproveitada por meio da exploração de diferentes fenômenos físicos, destacando-se as ondas, marés, correntes oceânicas e gradientes térmicos oceânicos. De acordo com Sheng (2019, p.482) a energia das ondas é uma das energias renováveis mais concentradas, quando comparado a outros tipos de energia renováveis, como solar, eólica *etc.*; e seus recursos são abundantes em muitos países ao redor do mundo. A energia total das ondas é estimada em cerca de 32.000 TWh por ano, maior que o consumo de eletricidade mundial, que foi de 24.345 TWh no ano de 2015. Phillips (2019, p. 9) corrobora com os autores relatando que os oceanos têm a capacidade de fornecer energia para atender à demanda de energia em todo o mundo.

Jusoh (2019, p. 1) ressalta que as ondas do mar podem gerar mais de 100 kW/m de densidade de energia, valor este superior a intensidade gerada pelas fontes solares e eólicas.

Phillips (2019, p. 10) complementa que ondas geradas pelo vento são ondas de superfície, que ocorrem na superfície livre de corpos d'água, incluindo oceanos, lagos, rios, canais, poças ou lagoas. As ondas são formadas em função do atrito entre as moléculas de ar e as moléculas de água fazendo com que a energia seja transferida do vento para a água. Esta energia de superfície resultante é a energia que está disponível para exploração e conversão em energia elétrica por sistemas especializados.

De acordo com Seibt (2019, p. 543) regiões localizadas em latitudes entre 30° e 60° normalmente oferecem potenciais energéticos viáveis para exploração devido à sua alta média anual de energia das ondas disponíveis. Como grande parte do litoral brasileiro está localizando entre essas faixas de latitudes a exploração desse recurso pode colaborar para uma diversificação da matriz energética nacional.

Segundo Bracco (2020, p. 1) a energia das ondas do mar é uma fonte de energia renovável promissora com um potencial significativo para contribuir para a diversificação de energia mundial. Embora já comprovada a capacidade de conversão de energia de ondas, questões como confiabilidade e a eficiência ainda precisam ser melhoradas para atingir um desempenho eficaz em termos de custo de produção de energia.

Phillips (2019, p. 9) complementa que o potencial da energia das ondas não tem sido aproveitado até o momento, principalmente devido ao fato de as tecnologias existentes para a exploração terem encontrado problemas como o de baixa eficiência de conversão, sistemas mecânicos móveis complicados com fluidos hidráulicos e



riscos de danos ambientais, custos de capital significativos e problemas de confiabilidade.

1.2. TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO

Para tornar a energia das ondas economicamente comparável a outras energias renováveis ou ainda a produção de energia convencional, o grande desafio dessas tecnologias é melhorar a eficiência da conversão da energia das ondas, uma vez que está diretamente relacionado à redução do custo geral da produção dessa energia. Para conseguir isso, a eficiência em cada estágio de conversão deve ser melhorada buscando-se diminuir perdas existentes Sheng (2019, p. 483).

Oliveira (2019, p. 73) apresenta os vários projetos relacionados aos equipamentos de captação de energia das ondas. O critério de classificação adotado para estes dispositivos, na maioria das referências, está relacionado com a distância do dispositivo à costa. Agrupando-os desta forma em dispositivos costeiros (*onshore*), com acesso por terra com profundidade $\leq 20\text{m}$; dispositivos próximos da costa (*nearshore*), em profundidade de $20 < a \leq 50\text{m}$ e dispositivos afastados da costa (*offshore*), em profundidades acima de $> 50\text{m}$, conforme ilustrado na Figura 1 Cruz (2008, p. 46).

Figura 1 – Classificação dos conversores de energia das ondas de acordo com sua localização: *Onshore* (1ª geração); *Nearshore* (2ª geração) e *Offshore* (3ª geração).



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptado de Machado (2016).

A evolução dos conversores de energia das ondas (*WECs*) está profundamente ligada à sua localização e ao desenvolvimento histórico. As primeiras unidades comerciais, estáticas e instaladas na costa, representam as primeiras gerações, aproveitando a energia das ondas do mar. No entanto, devido à maior densidade de energia em mar aberto, dispositivos instalados nessas áreas têm se mostrado mais lucrativos, apesar dos custos de instalação mais elevados. Isso levou ao desenvolvimento de uma segunda geração ancorada no fundo do mar, utilizando a experiência adquirida com a primeira geração. A terceira geração, composta por unidades flutuantes ancoradas,



incorpora diferentes tecnologias de design, aproveitando conceitos das gerações anteriores, conforme Harris (2006, p. 1).

Tolmasquim (2016, p. 252) relata que a energia das ondas, ou energia ondomotriz, é gerada a partir das ondas marítimas, que são formadas pela ação do vento sobre a superfície do mar. Esta forma de energia apresenta uma grande diversidade de dispositivos e conceitos projetados para sua captura, devido ao desenvolvimento específico para maximizar sua eficiência de acordo com as características locais e o padrão das ondas.

Oliveira (2019, p. 74) apresenta as três principais classes de conversores de energia das ondas: coluna de água oscilante (CAO); corpos flutuantes, que podem ser de absorção pontual (*point absorbers*) ou dispositivos oscilantes (*surging devices*); e galgamento, conforme ilustrado na Figura 2. É importante destacar que essa classificação não exclui a possibilidade de existirem outros tipos de dispositivos que não se encaixam nessas categorias. Um exemplo disso é o dispositivo que utiliza uma placa horizontal em conjunto com uma turbina, ambos submersos.

Uma outra classificação possível apresentada por Oliveira (2019, p. 74) está associada ao modo de conversão de energia das ondas em energia elétrica, isto é, ao tipo de dispositivo. Assim, existem fundamentalmente três classes principais de conversores de energia das ondas que são: coluna de água oscilante (CAO), os corpos oscilantes e galgamento. No entanto, é importante ressaltar que esta classificação não abrange todos os possíveis tipos de dispositivos. Por exemplo, há dispositivos que empregam uma combinação de uma placa horizontal e uma turbina, ambos submersos.

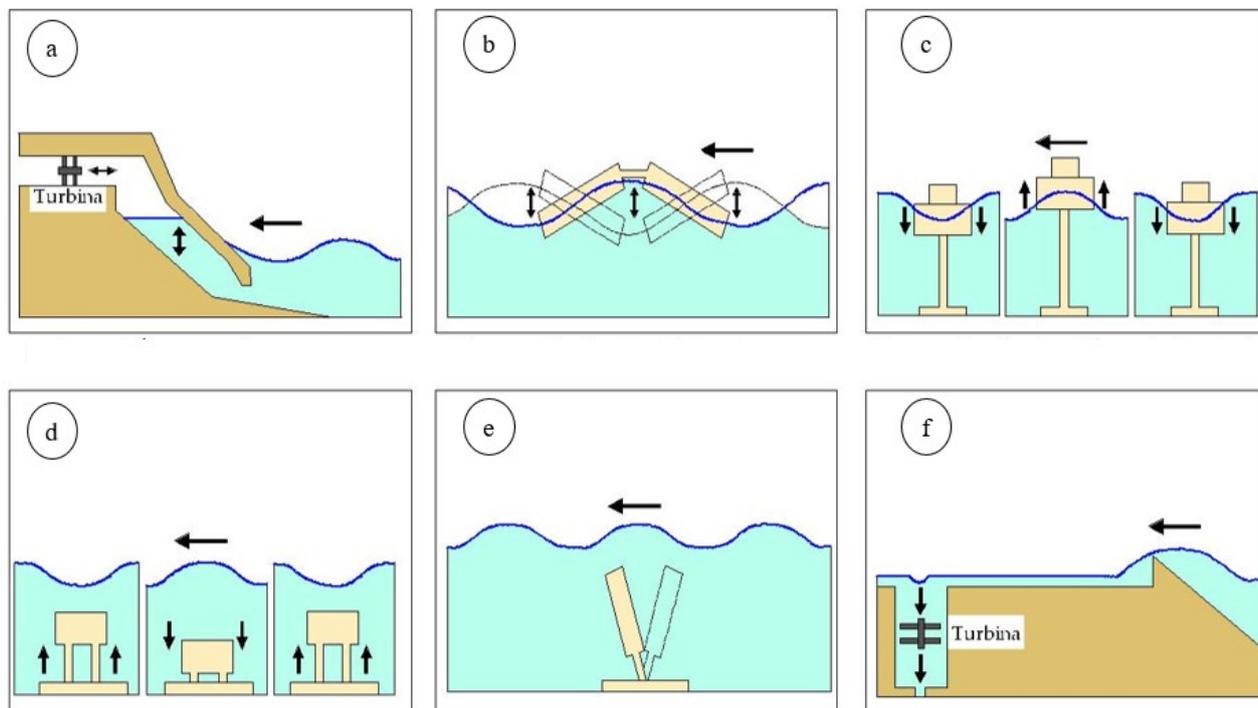
De acordo com Ronchi *et al.* (2013, p. 4) o WEC tipo coluna CAO (figura 2a) é um dispositivo de estrutura oca e parcialmente submersa que se encontra aberta para o mar. A passagem da onda provoca o aumento e diminuição do nível da água dentro do dispositivo, fazendo girar uma turbina pela pressão do ar, que aciona posteriormente um gerador, produzindo, assim, eletricidade.

Os WECs classificados como corpos oscilantes operam através do movimento das ondas, gerando oscilações nos próprios dispositivos. Essas oscilações impulsionam sistemas hidráulicos que ativam um gerador, resultando na geração de eletricidade. Entre esses WECs, há subclasses distintas, como os corpos oscilantes de absorção pontual (Figura 2c) e os corpos oscilantes de absorção pontual submerso (Figura 2d), onde o flutuador se movimenta verticalmente ou em torno de um eixo. Existem também os progressivos (Figura 2b), que se deslocam sobre sua própria estrutura, e os submersos (Figura 2e), que aproveitam tanto o movimento de rotação quanto de translação da estrutura, como discutido por Cruz e Sarmiento (2004, p. 15).

Com relação ao WEC de galgamento, seu funcionamento ocorre com a passagem das ondas que são encaminhadas por meio de rampas para um reservatório que se encontra um nível acima do nível do mar. Essa água passa por turbinas que acionam um gerador, conforme relatório WavEC (2004, p. 11).



Figura 2 – Classificação dos *WECs* quanto ao princípio de funcionamento:
 a) Coluna de Água Oscilante; b) Corpos Oscilantes – Progressivos;
 c) Corpos Oscilantes – Absorção Pontual; d) Corpos Oscilantes – Absorção Pontual Submerso;
 e) Corpos Oscilantes – Conversor Oscilante de Translação das Ondas; f) Galgamento.



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptado de Machado (2016).

2. METODOLOGIA

Na presente pesquisa foi empregado o método Ordinatío como forma de classificar os artigos de acordo com sua relevância científica. O método utiliza a equação InOrdinatío para classificar os artigos em função de 3 variáveis, sendo elas o fator de impacto dos periódicos, o número de citações e o ano de publicação, conforme Pagani (2015, p. 25).

As variáveis utilizadas no sistema de fichamento foram estabelecidas buscando levar em consideração a relevância dos jornais ou revistas onde os artigos foram publicados, tendo em vista o crescimento dos números de jornais e revistas nas diversas áreas do conhecimento. Seguido do número de citações visando garantir o reconhecimento científico da publicação e por último o ano em que o artigo foi publicado objetivando garantir que os mesmos estejam dentro de uma margem de tempo adequado a ser considerado.

A metodologia que fundamenta o método Ordinatío possui nove fases, sendo as cinco primeiras etapas uma adaptação do método do ProKnow-C utilizado na seleção de referencial bibliográfico bruto. A diferença entre os métodos é a forma como os mesmos ranqueiam os artigos.

Enquanto no método ProKnow-C, após os processos de filtragem do tema pesquisado, o reconhecimento científico é função apenas do número de citações, no método



Ordinatio após a realização da pesquisa exploratória nas bases de dados, delimitadas pelo pesquisador com os problemas da pesquisa definido e palavras chaves adequadas, os artigos são ranqueados em função do Fator de Impacto (IF) dos periódicos, do fator de ponderação (α), o qual varia de 1 a 10 de acordo com a importância que o pesquisador irá atribuir ao ano de publicação, o total de citações do artigo ($\sum ci$), o ano em que a pesquisa está sendo realizada (*ResearchYear*) e o ano de publicação dos artigos selecionados no processo realizado na pesquisa exploratória nas bases de dados (*PublishYear*). A equação 1 apresenta o método Ordinatio com suas respectivas variáveis.

$$InOrdinatio = \frac{IF}{1000} + \alpha [10 - (ResearchYear - PublishYear)] + \sum ci \quad (1)$$

Essa metodologia oferece uma solução para auxiliar a tomada de decisão na definição de um fichamento adequado e ganho de tempo para o desenvolvimento da pesquisa. A proposta do artigo é analisar a produção científica nos últimos cinco anos no mundo sobre dispositivos conversores de energia das ondas do mar através do método Ordinatio nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, visualizando, dessa forma, o que está sendo desenvolvido no mundo e realizando uma reflexão sobre a produção nacional na área pesquisada.

As bases de dados selecionadas foram definidas em função de suas respectivas relevâncias no cenário mundial e por ambas estarem presentes nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, fundação vinculada ao Ministério da Educação (MEC) do Brasil que atua na expansão e consolidação da pós-graduação *Strictu Sensu* (mestrado e doutorado) presente em todos os estados do país.

Foram coletados todos os artigos encontrados nas bases de dados no período compreendido entre 2017 a 2021 utilizando o seguinte conjunto de palavras chaves: *numerical analysis*, *energy*, *sea waves* e *converter*. Após o levantamento dos artigos nas duas bases de dados realizou-se o levantamento dos fatores de impactos das revistas onde os respectivos artigos foram publicados.

No levantamento do número de citações foi considerado apenas as citações encontradas em ambas as bases. Como o ano de publicação tem pouca relevância, em função de serem considerados os trabalhos publicados nos últimos cinco anos, no desenvolvimento da presente pesquisa o fator de ponderação (α) foi considerado 1. Com os dados tabelados foi possível aplicar a equação InOrdinatio (equação 1) e obter um panorama sobre o que tem sido pesquisado, onde está ocorrendo, a situação do Brasil nesse cenário, o ranqueamento dos artigos para leitura aprofundada sobre o assunto e algumas diferenças entre as bases de dados consideradas.

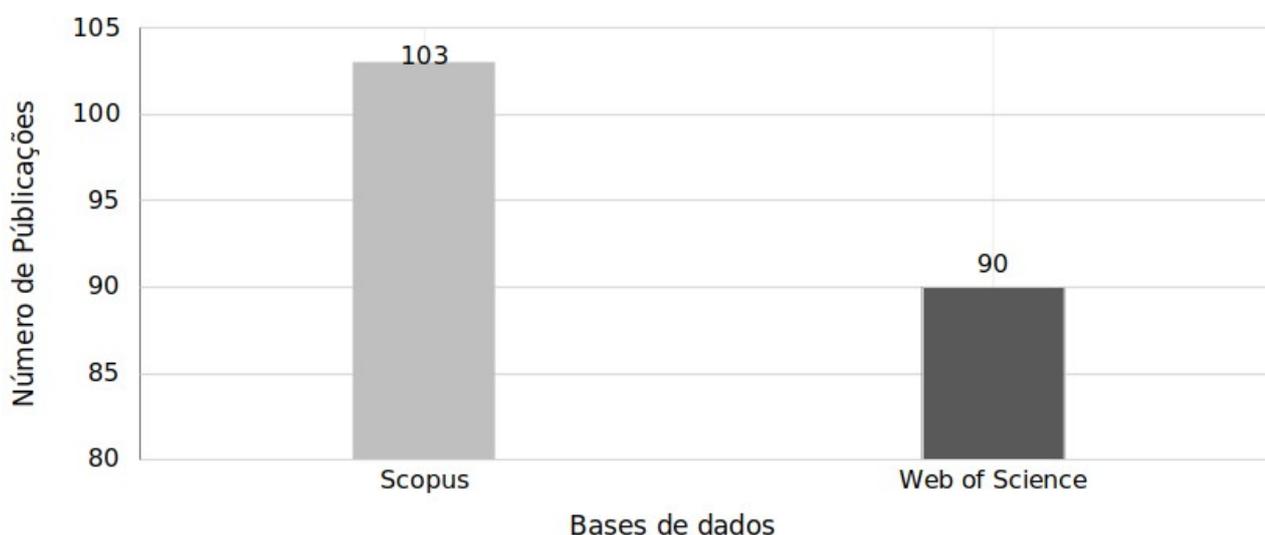
3. RESULTADOS

Como resultados foram encontrados um total de 193 publicações, podendo ser observado por meio do Gráfico 1 que 103 destas publicações foram localizadas na base de dados *Scopus* e as outras 90 na base de dados *Web of Science*, os valores



relativamente próximos de publicações indicam a relevância dessas bases de dados para entre os pesquisadores.

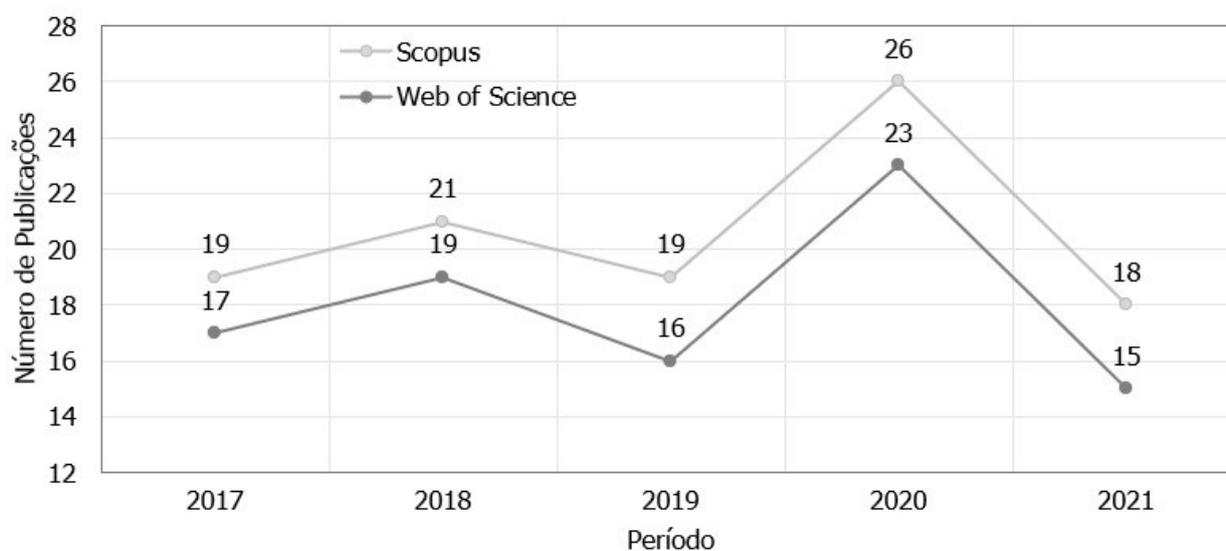
Gráfico 1 - Número de publicações por base de dados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise do Gráfico 2 demonstra como o comportamento do número de publicações nas bases de dados se deu no período analisado, nota-se a tendência de alta entre os anos de 2017 e 2018, porém essa propensão não ocorre entre os anos de 2018 a 2019, pois o intervalo apresentou queda no número de publicações. Por outro lado, entre os anos 2019 a 2020 as publicações tiveram aumento significativo.

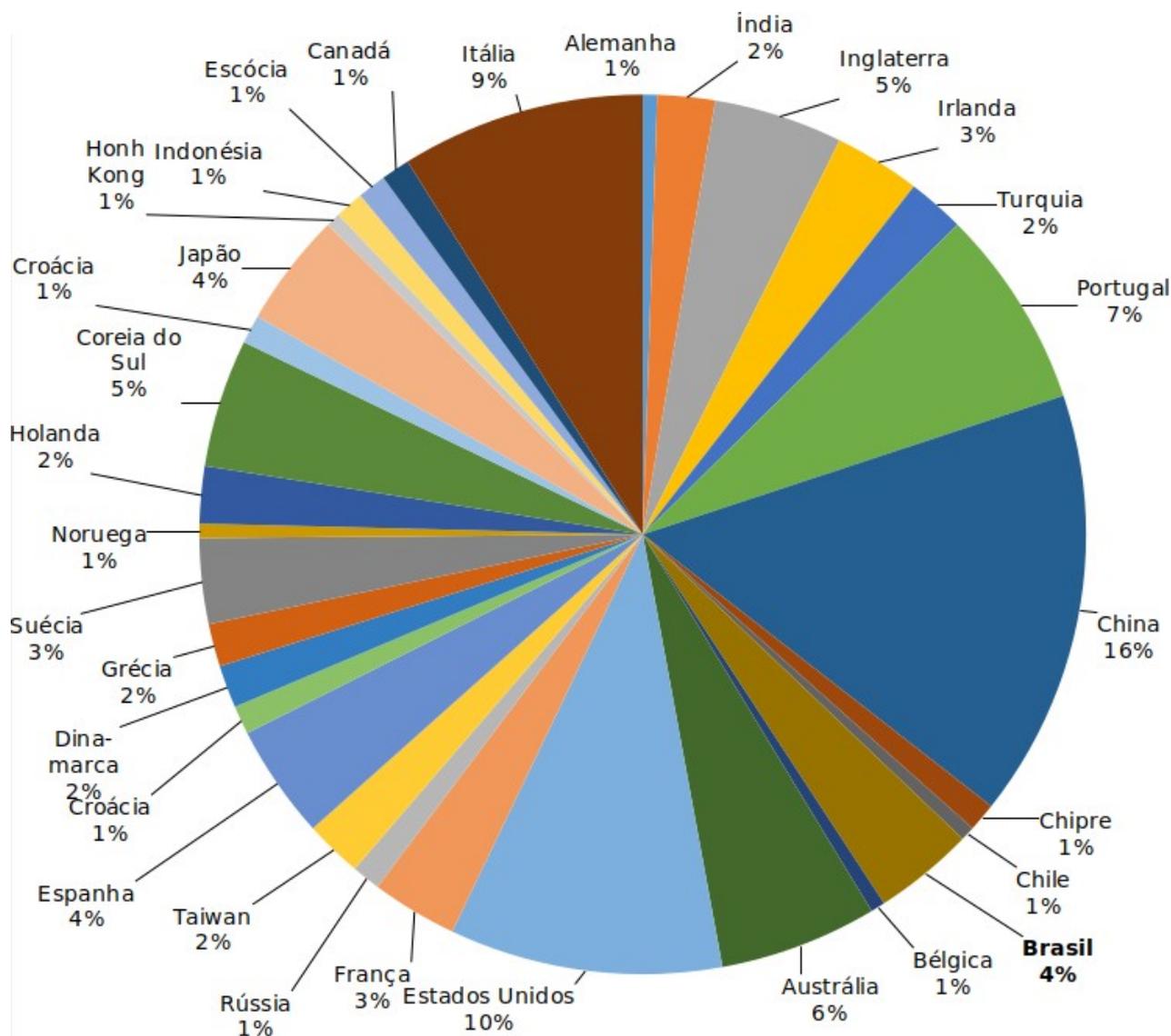
Gráfico 2 - Cronologia das publicações de artigos nas bases de dados.



Fonte: Elaborado pelos autores.



Gráfico 3 - Distribuição percentual de publicações por país.



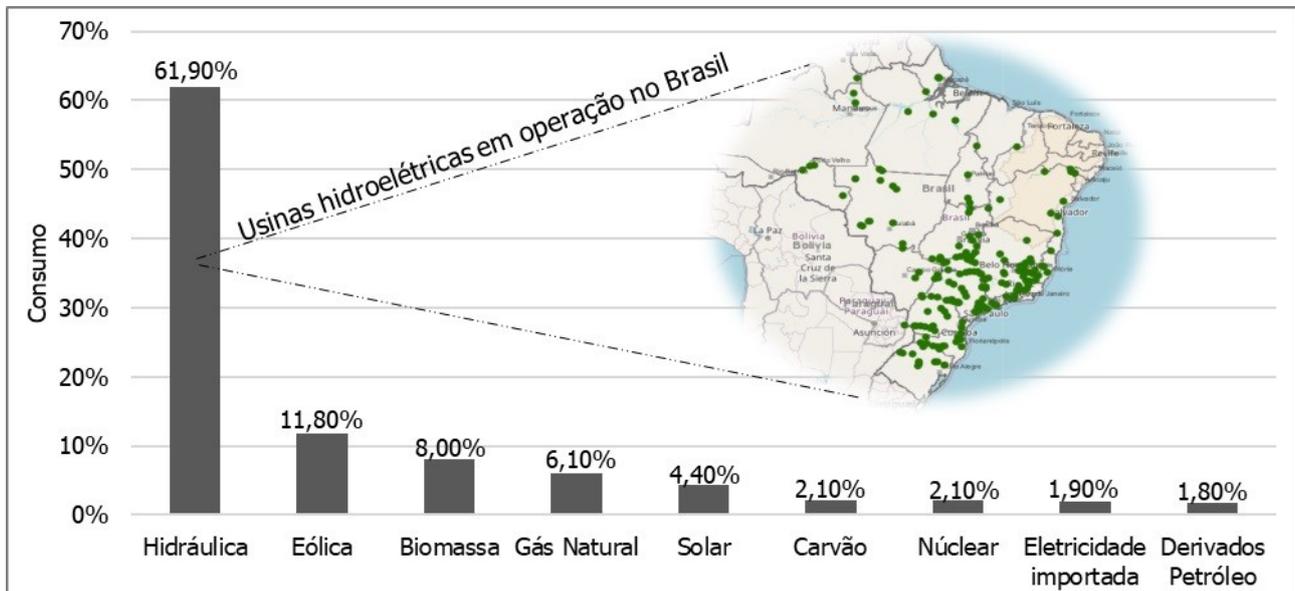
Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar da matriz energética brasileira ser considerada a mais renovável do mundo, a mesma tem como ponto negativo a dependência da energia hidráulica conforme indicado no Gráfico 4, a qual é responsável pela maior produção de energia do país, o uso dessa fonte energética causa grandes impactos socioambientais e pode ser afetado por meio das mudanças climáticas que alteram o regime de chuvas IAB (2021, p. 3).

Buscando-se averiguar a relevância das publicações, pode ser observado na Figura 4 que a Itália apesar de possuir 17 de publicações obteve um total de 259 citações, ficando à frente de países que tiveram número superior de publicações.

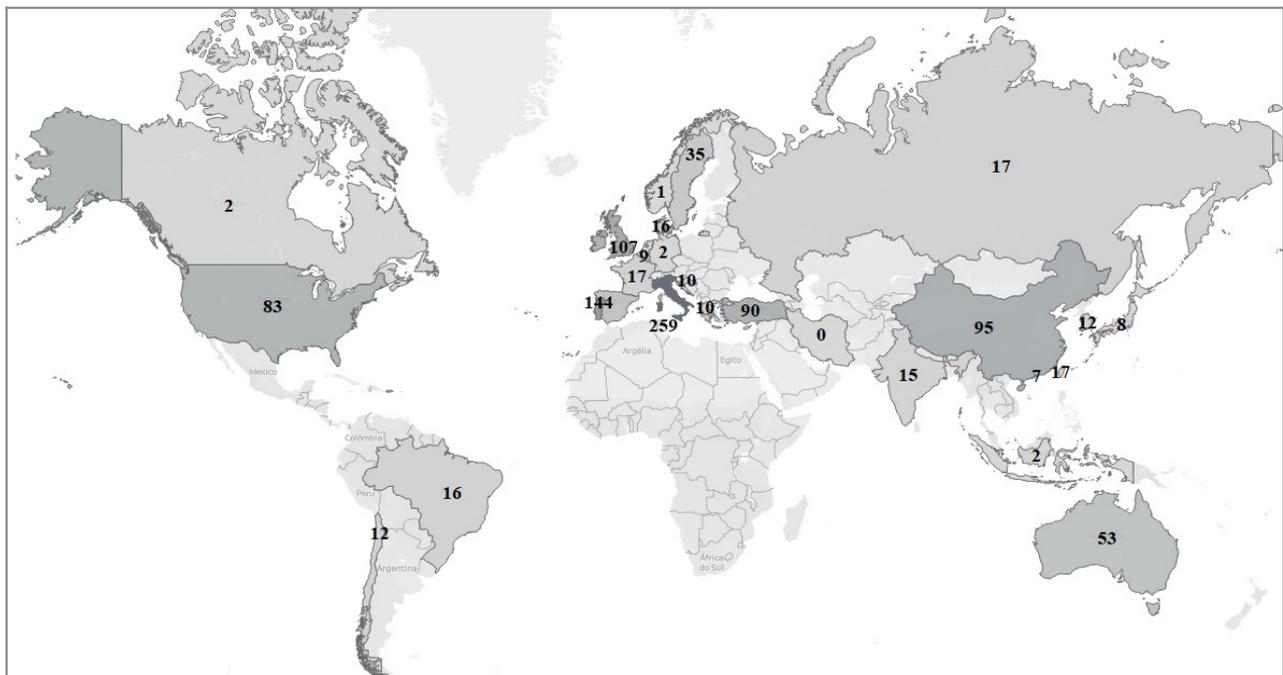


Gráfico 4 – Composição da Matriz Energética Nacional e a Localização das Instalações das Usinas Hidroelétricas em Operação no Brasil – 2023.



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de EPE (2023) e SNIRH (2023).

Figura 4 – Número de citações totais das publicações nos países analisados.

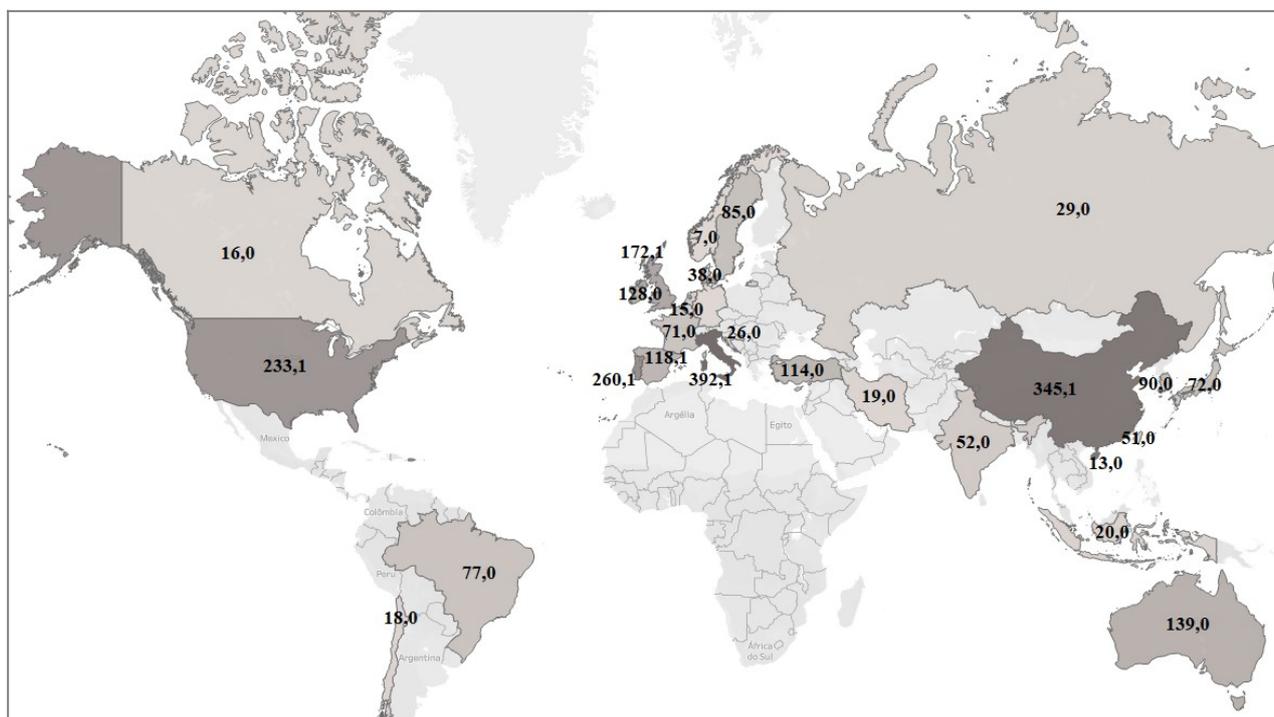


Fonte: Elaborada pelos autores.

Por meio da aplicação do método Ordinatio foi possível perceber o comportamento das publicações, analisando a Figura 5 verifica-se que as publicações mais relevantes estão sendo realizadas por Itália, China, Portugal, Estados Unidos com número InOrdinatio de 392,1; 345,1; 260,1 e 233,1 respectivamente. As publicações brasileiras apresentaram número InOrdinatio de 77 indicando que o país pode estar ficando em atraso no desenvolvimento dessas tecnologias.



Figura 5 - Número InOrdinatio total nos países considerados.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao aplicar o método proposto para direcionar a escolha dos artigos mais relevantes dentro do contexto abordado neste estudo, foram identificadas, na Tabela 1, as 14 publicações com os maiores números de InOrdinatio dentre a amostra de 193 artigos. Estas são recomendadas para uma análise mais aprofundada sobre o tema em questão.

Os trabalhos ranqueados e organizados na Tabela 1 possibilitaram observar os locais onde as pesquisas mais relevantes estão sendo desenvolvidas nos últimos cinco anos, contribuindo desta forma para a elaboração de fundamentações teóricas de trabalhos futuros correlatos, uma vez que, apresenta pesquisadores referências em suas áreas de pesquisa. Conforme observado na Figura 5, a classificação dos trabalhos por ordenação de relevância apresentou como países destaques a Itália e Portugal, ambos com 4 publicações entre as 14 primeiras colocadas.

Constatou-se também que as 193 publicações ocorreram em 66 revistas diferentes ao longo do período analisado, por meio da Figura 6 pode ser observado as que mais aceitaram trabalhos com seu respectivo Qualis (Q), indicando dessa maneira, locais para submissões de trabalhos futuros na área pesquisada.



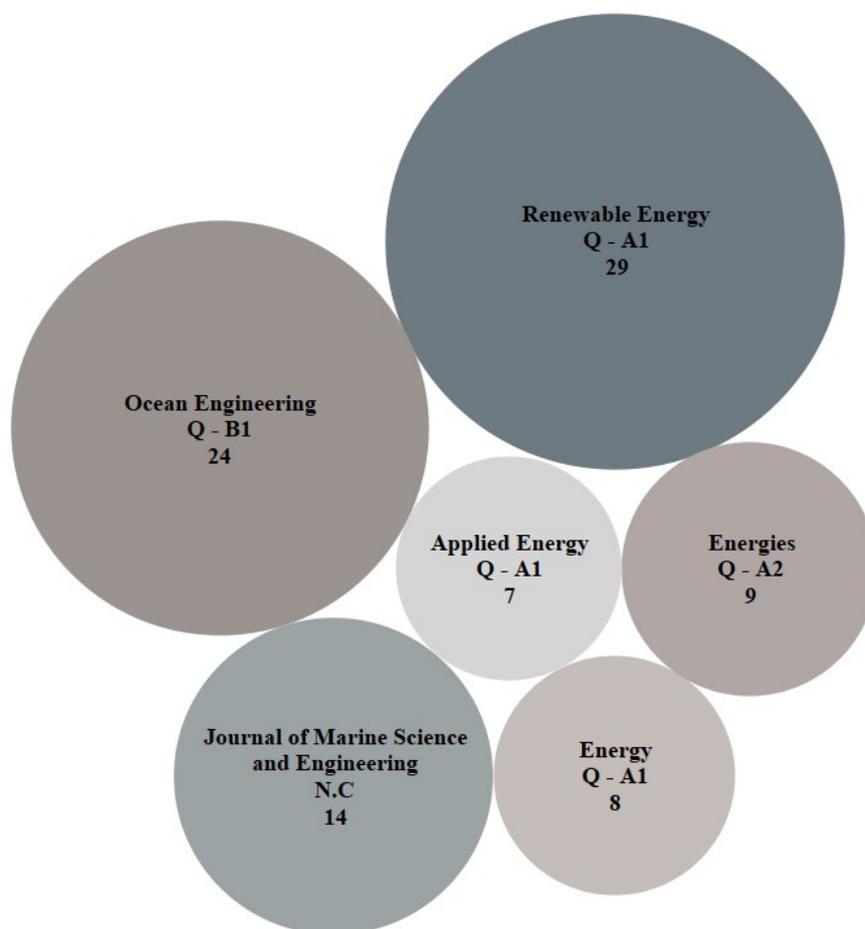
Tabela 1 – Ranqueamento dos artigos mais relevantes para leitura segundo o método Ordinatio.

Título do artigo	InOrdinatio	País
Evaluation of air compressibility effects on the performance of fixed OWC wave energy converters using CFD modelling. (SIMONETTI et al, 2018).	45,01	Itália
A 35-year high-resolution wave atlas for nearshore energy production and economics at the Aegean Sea Open Access. (Lavidas; Vengatesan, 2017).	44,01	Escócia
Comparison of numerical and experimental analyses for optimizing the geometry of OWC systems. (Mahnamfar; Altunkaynak, 2017).	42,01	Turquia
Towards an optimum design of wave energy converter arrays through an integrated approach of life cycle performance and operational capacity. (López-Ruiz; Alejandro <i>et al.</i> , 2018).	40,02	Espanha
Wind and wave energy potential in southern Caspian Sea using uncertainty analysis. (Amirinia; Kamranzad; Mafi, 2017).	37,01	Portugal
RANS-VOF modelling of the Wavestar point absorber. (Ransley <i>et al.</i> , 2017).	31,01	Inglaterra
Review of mooring design for floating wave energy converters. (Xu; Wang; Soares, 2019).	30,01	Portugal
Analytical and computational modelling for wave energy systems: the example of oscillating wave surge converters. (Dias <i>et al.</i> , 2017).	30,00	Irlanda
The spring-like air compressibility effect in oscillating-water-column wave energy converters: review and analyses. (Falcão; Henriques, 2019).	29,03	Portugal
Stability analysis of a non-conventional breakwater for wave energy conversion. (Di Lauro <i>et al.</i> , 2019).	29,00	Itália
Modelling and testing of a wave energy converter based on dielectric elastomer generators. (Moretti <i>et al.</i> , 2019).	29,00	Itália
Modelling and field testing of a breakwater-integrated U-OWC wave energy converter with dielectric elastomer generator. (Moretti <i>et al.</i> , 2020).	28,01	Itália
Optimal design and performance analysis of a hybrid system combining a floating wind platform and wave energy converters. (Hu <i>et al.</i> , 2020).	26,02	China
Experimental and numerical investigation of a taut-moored wave energy converter: A validation of simulated buoy motions. (Yang <i>et al.</i> , 2018).	26,00	Suécia

Fonte: Elaborada pelos autores.



Figura 6 – Identificação das revistas com suas respectivas classificações Qualis (Q) e número de publicações constatadas.



* N.C - Não consta

Fonte: Elaborada pelos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos uma discussão que nos parece necessária diante dos desafios que se apresentam acerca da diversificação da matriz energética nacional. Com um extenso litoral a exploração da energia das ondas do mar pode contribuir para diminuir a dependência da energia hidráulica.

Observou-se através da análise de uma amostra de 193 artigos coletados em duas bases de dados diferentes as tendências dos países na produção científica relacionadas a dispositivos conversores de energia das ondas do mar. Através da análise bibliométrica foi possível constatar a produção científica na área nos últimos 5 anos e identificar a relevância dessas publicações.

A metodologia utilizada mostrou-se adequada para o estudo proposto, porém ao determinar as palavras chaves a serem utilizadas deve-se ter prudência para que as mesmas caracterizem o tema pesquisado.



O estudo constatou que o Brasil apresenta ainda uma produção científica reduzida quando comparado aos países líderes no tema, alertando sobre a necessidade de uma reflexão visando fomentar estudos e análises que nortearão as Políticas de Estado com vistas à promoção do desenvolvimento eficaz do setor de energia elétrica e sua expansão, para melhor atender o bem-estar social, o interesse coletivo e o desenvolvimento sustentável.

5. REFERÊNCIAS

- AMIRINIA, G.; KAMRANZAD, B.; MAFI, S. Wind and wave energy potential in southern Caspian Sea using uncertainty analysis. **Energy**, v. 120, p. 332-345, feb. 2017.
- BRACCO, G.; CANALE, M.; CERONE, V. Optimizing energy production of an Inertial Sea Wave Energy Converter via Model Predictive Control. **Control Engineering Practice**, v. 96, p. 104299, 2020.
- CRUZ, J. (Ed.) **Ocean wave energy: current status and future perspectives**. Springer-Verlag, Berlin, 2008.
- CRUZ, J. M. B. P.; SARMENTO, A. J. N. A. **Energia das ondas**: introdução aos aspectos tecnológicos, económicos e ambientais. Amadora: Ed. Instituto do Ambiente, 2004.
- DIAS, F. *et al.* Analytical and computational modelling for wave energy systems: the example of oscillating wave surge converters. **Acta Mechanica Sinica**, v. 33, n. 4, p. 647-662, 2017.
- DI LAURO, E. *et al.* Stability analysis of a non-conventional breakwater for wave energy conversion. **Coastal engineering**, v. 145, p. 36-52, 2019.
- EPE. **Relatório síntese do balanço energético nacional 2023**: ano base 2022. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2022.
- FALCÃO, A. F. O.; HENRIQUES, J. C. C. The spring-like air compressibility effect in oscillating-water-column wave energy converters: review and analyses. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 112, p. 483-498, 2019.
- HARRIS, R. E. *et al.* Mooring systems for wave energy converters: a review of design issues and choices. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B - Journal of Engineering Manufacture**, v. 220, n. 4, p. 159-168, 2006.
- IAB. **O observatório do setor elétrico brasileiro**. 25. ed. São Paulo: Instituto Acende Brasil, 2021.
- HU, J. *et al.* Optimal design and performance analysis of a hybrid system combining a floating wind platform and wave energy converters. **Applied energy**, v. 269, p. 114998, 2020.
- OLIVEIRA, D. M. *et al.* Ocean Wave Energy as a Possible Power Source for the Brazilian Energy Matrix. **Defect and Diffusion Forum**, v. 396, p. 70-78, 2019.
- SHENG, W. Wave energy conversion and hydrodynamics modelling technologies: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 109, p. 482-498, 2019.



- SEIBT, F. M. *et al.* Numerical evaluation on the efficiency of the submerged horizontal plate type wave energy converter. **FME Transactions**, v. 47, n. 3, p. 543-551, 2019.
- PHILLIPS, R. E. Harvesting Ocean Wave Energy: a Proposed System for Conversion into Electrical Power. **Natural Gas & Electricity**, v. 36, n. 2, p. 9-15, 2019.
- JUSOH, M. A. *et al.* Hydraulic power take-off concepts for wave energy conversion system: a review. **Energies**, v. 12, n. 23, p. 4510, 2019.
- LAVIDAS, G.; VENUGOPAL, V. A 35-year high-resolution wave atlas for nearshore energy production and economics at the Aegean Sea. **Renewable energy**, v. 103, p. 401-417, 2017.
- LÓPEZ-RUIZ, A. *et al.* Towards an optimum design of wave energy converter arrays through an integrated approach of life cycle performance and operational capacity. **Applied Energy**, v. 209, p. 20-32, 2018.
- MACHADO, B. N. **Estudo numérico tridimensional de um dispositivo de galgamento para conversão de energia das ondas do mar em energia elétrica aplicando o método *Constructal Design***. 2016. Tese (Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- MAHNAMFAR, F.; ALTUNKAYNAK, A. Comparison of numerical and experimental analyses for optimizing the geometry of OWC systems. **Ocean Engineering**, v. 130, p. 10-24, 2017.
- MORETTI, G. *et al.* Modelling and testing of a wave energy converter based on dielectric elastomer generators. **Proceedings of the Royal Society A**, v. 475, n. 2222, p. 20180566, 2019.
- MORETTI, G. *et al.* Modelling and field testing of a breakwater-integrated U-OWC wave energy converter with dielectric elastomer generator. **Renewable Energy**, v. 146, p. 628-642, 2020.
- PAGANI, R. N; KOVALESKI, J. L; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citations, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 2015.
- RANSLEY, E. J. *et al.* Rans-vof modelling of the wavestar point absorber. **Renewable energy**, v. 109, p. 49-65, 2017.
- RELATÓRIO DO WAVEC. **Potencial e estratégia de desenvolvimento da energia das ondas em Portugal**. Lisboa: WavEC Offshore Renewables, 2004. p. 11.
- RONCHI, F. P.; SCHAEFFER, L. Classificação das tecnologias para conversão de energia das ondas. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE MATERIAIS E PROCESSOS PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS, 3., 2013, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 2013. p. 4.
- SIMONETTI, I. *et al.* Evaluation of air compressibility effects on the performance of fixed OWC wave energy converters using CFD modelling. **Renewable Energy**, v. 119, p. 741-753, 2018.



SNIRH. **Conjunto de dados geoespaciais de recursos hídricos do Brasil**. (recurso eletrônico). 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/>. Acesso em: 4 abr. 2023.

TOLMASQUIM, M. T. (Coord.). **Energia Renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016. p. 452.

YANG, S.-H. *et al.* Experimental and numerical investigation of a taut-moored wave energy converter: a validation of simulated buoy motions. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment**, v. 232, n. 1, p. 97-115, 2018.

XU, S.; WANG, S.; SOARES, C. G. Review of mooring design for floating wave energy converters. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 595-621, 2019.

Submetido em: **14/04/2022**

Aceito em: **25/05/2024**