

## UM MAR QUE VAI ALÉM DAS EÓLICAS OFFSHORE: O PAPEL DAS ENERGIAS BASEADAS NO OCEANO NA SEGURANÇA MARÍTIMA E ENERGÉTICA DO REINO UNIDO E DO BRASIL

*A sea that goes beyond offshore wind power: the role of ocean-based energy in the maritime and energy security of the United Kingdom and Brazil*

Diogo Viana Grion Velasco <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Escola de Guerra Naval, RJ, Rio de Janeiro, Brasil. **Email:** [dvgrion@gmail.com](mailto:dvgrion@gmail.com) **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2965-1953>

Recebido em: 01. fev. 2024 | Aceito em: 15 ago. 2024.



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

## RESUMO

O problema de pesquisa do presente artigo é compreender qual é o papel das energias das marés e das ondas na segurança marítima e na segurança energética no Reino Unido e no Brasil, pois tais conceitos estão muito relacionados em virtude do aumento da busca e do uso de recursos energéticos no oceano. O artigo foi elaborado a partir da construção de uma análise documental e comparada sobre os respectivos potenciais e projetos relacionados a energias das marés e das ondas, no que envolve o Reino Unido e o Brasil. Como resultado foi possível compreender que o Reino Unido depende mais do que o Brasil no curto e médio prazo das energias das marés e das ondas para melhorar a segurança energética e a segurança marítima em virtude de algumas questões como os altos níveis de importação de gás e a existência de um grande conflito que pressiona os preços.

**Palavras-chave:** Energias baseadas no oceano. Segurança Energética. Segurança Marítima.

## ABSTRACT

The research problem of this article is to understand the role of tidal and wave energy in maritime safety and energy security in the United Kingdom and Brazil, as such concepts are closely related due to the increased search and use of energy resources in the ocean. The article was prepared based on the construction of a documentary and comparative analysis of the respective potentials and projects related to tidal and wave energy, involving the United Kingdom and Brazil. As a result, it was possible to understand that the United Kingdom depends more than Brazil in the short term on tidal and wave energy to improve energy security and maritime security due to some issues such as high levels of gas imports and the existence of a major conflict that puts pressure on prices.

**Key words:** Ocean-based energies. Energy Security. Maritime Security.

## INTRODUÇÃO

A compreensão sobre segurança marítima no século XXI pode estar relacionada com a de segurança energética tendo em vista alguns fatores como, por exemplo, os grandes conflitos existentes na atualidade envolvendo grandes países que detêm papel relevante na produção e obtenção de recursos energéticos. Este é o caso do conflito existente entre Rússia e Ucrânia, que tende a criar um aumento da competição envolvendo a garantia do acesso e a disponibilidade dos recursos energéticos. Os conceitos de segurança marítima e segurança energética não detêm uma única definição e ambos já foram o foco de análises profundas e diversas que indicam uma grande complexidade envolvendo tais temas. Além disso, também é importante destacar que os conflitos causadores de pressão em recursos energéticos não se restringem apenas aqueles em que foram ou em que são empregados o uso da força.

A existência de variados tipos de conflitos, bem como de incertezas sobre a previsibilidade da construção de capacidades e de recursos para obtenção e geração de energia são alguns dos

fatores que motivam os países a elaborarem planos de curto, médio e longo prazo sobre recursos energéticos. Em alguns destes documentos constam análises referentes à oferta e demanda de energia, bem como podem aparecer questões relacionadas a defesa. Um exemplo deste contexto é o caso do Reino Unido, que ainda no período do até então primeiro-ministro Boris Johnson, alguns meses após a escalada do grande conflito entre Rússia e Ucrânia, lançou o documento chamado *British Energy Security Strategy (2022)*, que aumentou a meta para a geração de energia eólica offshore para 50 gigawatts (GW) até o ano de 2030.

Assim como o Reino Unido, outros países no mundo têm depositado uma grande atenção para a energia eólica offshore e o mar cada vez mais aparece como um novo ambiente para construção de capacidades de recursos energéticos que ajudam na obtenção da segurança energética. No entanto, as eólicas offshore não são a única fonte existente de geração de energia com base no oceano e não foram as únicas mencionadas pelo Governo do Reino Unido no intitulado *British Energy Security Strategy (2022)*, que também destacou a necessidade de explorar e ampliar as capacidades energéticas pela energia das marés. Dentre as múltiplas possibilidades existentes para geração de energia baseadas no oceano, além das eólicas offshore, a União Europeia (2022) destaca que a energia das marés e das ondas são as que se encontram em estágio mais avançado em termos de escala.

Além do mar do norte, muitos países também já projetam gerar energia na região do Atlântico Sul e neste recorte destaca-se o Brasil, que além de deter um grande potencial na geração de energia eólica offshore também detém boas condições para geração de energia de marés e ondas. Apesar de tais características, ressalta-se que o Brasil ainda não elaborou um plano de segurança energética de modo a contemplar tais capacidades energéticas a partir de energias baseadas no oceano.

A partir deste contexto em que o mar surge como um ambiente cada vez mais procurado para receber e servir como espaço para o desenvolvimento de recursos energéticos surge uma necessidade maior de aprofundar a compreensão sobre a relação existente entre os conceitos de segurança marítima e segurança energética, bem como de entender como que a energia das ondas e das marés aproximam ainda mais tais conceitos. Então destaca-se que o problema de pesquisa do presente artigo é compreender qual é o papel das energias das marés e das ondas na segurança marítima e na segurança energética no Reino Unido e no Brasil.

Neste contexto, a hipótese do presente artigo é de que a inclusão da energia das marés e das ondas nos respectivos planos de segurança energética do Reino Unido e do Brasil permitirá o alcance da segurança marítima e da segurança energética em ambos. Em consonância com o problema de pesquisa e com a hipótese destaca-se que o objetivo geral do presente artigo é analisar o potencial das energias baseadas no oceano com especial foco nas energias das marés e das ondas na busca pela segurança marítima e energética no Reino Unido e no Brasil.

Para alcançar o objetivo geral e tendo em vista o problema de pesquisa exposto, o presente artigo utilizará como metodologia uma análise documental e comparada dos respectivos potenciais e dos projetos relacionados a energias das marés e das ondas, no que envolve o Reino Unido e o Brasil. Além disso, destaca-se que o presente artigo tem como principais conceitos a serem desenvolvidos o conceito de segurança marítima e o conceito de segurança energética, que possuem muitas interações.

### RELAÇÕES ENTRE OS CONCEITOS DE SEGURANÇA MARÍTIMA E SEGURANÇA ENERGÉTICA

No que envolve as definições existentes de segurança marítima é possível destacar que Christian Bueger (2015) postulou que a segurança marítima tem diversas dimensões e se conecta com conceitos mais antigos e mais novos, dos quais quatro merecem atenção: poder marítimo, segurança marítima, economia azul e resiliência humana. É possível observar por esse prisma que segurança energética poderia se relacionar com essas quatro dimensões citadas do conceito de segurança marítima por Christian Bueger (2015).

O Reino Unido foi um dos países pioneiros na formulação de estratégias nacionais sobre segurança marítima, de acordo com Beirão (2019), com o lançamento da intitulada *Maritime Security Strategy*. No entanto, o conceito de segurança marítima detém muitas características e visões, pois de acordo com Beirão (2019) pode receber uma abordagem complexa ao ser definido a partir de tendências universalizantes, quando organismos internacionais como a Organização das Nações Unidas (ONU) por exemplo propõe uma resolução, bem como a nível de organismos internacionais multilaterais quando por exemplo a OTAN em 2011 inseriu o tema da segurança marítima através da intitulada “Alliance Maritime Strategy”.

A compreensão do conceito de segurança marítima também pode passar por outras questões, de acordo com Beirão (2019) é possível atrelar uma abordagem convergente ao conceito pois muitas vezes questões como boa ordem no mar e liberdade de navegação são envolvidos na definição de segurança marítima. Todo esse escopo relacionado à abordagem convergente sobre o conceito de segurança marítima existe pois de acordo com Beirão (2019) há uma interseção cada vez mais forte entre os conceitos de *safety* e *security* no contexto marítimo, mesmo que ambos sejam diferentes uma vez que *safety* estaria mais ligado por exemplo a questões como a garantia da navegação sem riscos e a segunda com mais ligação a questões relacionadas a ações com emprego direto da força.

Adicionalmente também destaca-se uma outra abordagem sobre o conceito de segurança marítima, que seria nomeada como divergente e que de acordo com Beirão (2019) estaria mais próxima da definição e compreensão sobre segurança marítima postulada por Christian Bueger (2015). Nesta abordagem divergente existe a predominância de que, conforme postulado por Beirão (2019), o centro da discussão está nas ações no mar que a toda navegação no seu sentido mais amplo como segurança estatal, segurança humana, meio ambiente e o uso econômico do mar, que ao mesmo tempo se distanciam do centro do que é compreendido como *security* no

contexto de segurança marítima. Nesta abordagem divergente é possível por exemplo relacionar segurança marítima de modo complementar com questões como a exploração de recursos vivos, a exploração de fundos marinhos, de acidentes oriundos de ações humanas, das mudanças climáticas, dentre outras.

O número de abordagens existentes para definição do conceito de segurança marítima pode ter relação com a imensidão do oceano e das questões que circundam esse grande volume de água no planeta. Como exemplo da imensidão do oceano destaca-se que de acordo com a UNESCO (2019) apenas a área do Atlântico Sul é de 40.270.000 km<sup>2</sup>, correspondendo a 11,1% da área oceânica total, com um volume de 160.000.000 km<sup>3</sup>, ou 12% do volume total do oceano. Sobre esse mar de possibilidades Christian Buerger (2015) destaca que o conceito de segurança marítima não tem uma única definição, pois existem múltiplas visões dependendo dos atores e de cada contexto existente, de modo que buscar uma definição universal para segurança marítima seria uma tarefa improdutiva

Para ajudar a dar concretude ao que Christian Buerger (2015) postulou é possível dar como exemplo o evento acadêmico intitulado “Experts Panel Meeting – Maritime Security in South Atlantic”, que aconteceu na Escola de Guerra Naval, na cidade do Rio de Janeiro em julho de 2016 com o apoio da International Maritime Organization (IMO). Conforme postulado por Beirão. A (2019), o propósito do evento foi identificar interesses comuns e oportunidades para o incremento da segurança marítima no Atlântico Sul, além de outros assuntos. O evento teve grande representatividade internacional com a presença de delegações de 17 países integrantes da Zona de Paz e Cooperação do Atlântico Sul (ZOPACAS), que participaram de palestras, modelos de simulação de processo decisório e de questionários controlados para compreender percepções nacionalizadas sobre *maritime security* dos países presentes.

Os resultados do evento intitulado Experts Panel Meeting – Maritime Security in South Atlantic”, que, de acordo com Beirão, A (2019), foram obtidos por métodos com limitações e simplificações, mas que foram importantes, mostraram que as quatro maiores prioridades para os países do Atlântico Sul em termos de segurança marítima em ordem são: 1 - o contrabando, 2 - a pirataria, 3 - o terrorismo marítimo e 4 – a exploração sustentável dos recursos do oceano. O interessante é que esses resultados não são os mesmos se comparados com as quatro primeiras prioridades na percepção global, que de acordo com Beirão, A (2019), incluiriam o tráfico humano, o tráfico de drogas e o tráfico de armas. Então, com base nos resultados do evento de 2016 é possível notar que o uso econômico e sustentável do oceano tem um nível de importância diferente para os países do Atlântico Sul em relação à percepção global na prevenção de conflitos. E no que se refere à exploração sustentável dos recursos do oceano destaca-se que a água pode ser um grande fator para fortalecer as capacidades energéticas de um país pelo uso das marés e das ondas.

Pela abrangência existente no conceito de segurança marítima e pela importância cada vez maior do mar como um espaço para obtenção de recursos energéticos e geração de energia surge

também a necessidade de compreender o conceito de segurança energética. Nesse âmbito destaca-se que o conflito entre Rússia e Ucrânia foi um dos grandes motivos para que o Reino Unido elaborasse no ano de 2022 a intitulada *British Energy Security Strategy*. O conflito aumentou a pressão em questões que impactam a disponibilidade e o abastecimento de energia no Reino Unido, que importa mais da metade do gás que utiliza de modo que foi impactado com o aumento de preços do gás de acordo com Serin (2023).

As preocupações e os fatos que levaram o Reino Unido a elaborar uma estratégia envolvendo segurança energética também causam uma maior atenção para o tema da segurança energética, que conforme postulado por Nina (2020) costuma receber maior protagonismo do ponto de vista dos governos em momentos de crise de abastecimento doméstico, de pressões nos preços, bem como de distúrbios internos ou até externos que possam causar danos ao funcionamento dos respectivos mercados de energia. O Reino Unido tem muita relevância nesse exercício de compreensão por muitos motivos inclusive a relevância histórica desempenhada ao longo dos séculos e neste contexto, de acordo com Nina (2020) na primeira metade do século XX a ideia de segurança energética estava muito relacionada ao abastecimento de combustíveis para fins militares.

Em um contexto de grandes guerras uma decisão de Winston Churchill ficou marcada no que se refere à relação da segurança energética que foi a conversão dos navios da marinha britânica com propulsão a vapor por derivados do petróleo, fato que de acordo com Nina (2020) fez com que a esquadra britânica ganhasse em potência e agilidade comparada a embarcações alemãs e norte-americanas. Apesar dos ganhos a decisão de Winston Churchill de acordo com Nina (2020) acrescentou um elemento de incerteza na oferta dos combustíveis pois o resultado da decisão foi troca das fontes seguras de oferta de carvão do País de Gales pela dependência do fornecimento de petróleo da Pérsia que fica a milhares de quilômetros de distância do Reino Unido.

Com o passar dos anos no século XX o petróleo foi ganhando cada vez mais relevância de modo que de acordo com Nina (2020) as primeiras reflexões acadêmicas focadas ao tema da segurança energética nos anos de 1950 e 1960 retratam essa percepção, que com a crise do petróleo em 1970 passou a atrair muito mais atenção. A crise do petróleo, de acordo com Nina (2020) provocou uma grande instabilidade econômica e muitos autores consideraram a pior crise desde as grandes guerras e desde então a área acadêmica passou a relacionar os estudos sobre segurança energética com análises estratégicas, com as relações internacionais, bem como as ciências políticas. Destaca-se que foi no ano de 1973 no contexto da crise internacional do petróleo que aconteceu a criação da Agência Internacional de Energia (AIE), instituição que de acordo com Nina (2020) foi a principal responsável pela formulação do conceito de segurança energética sendo baseado na disponibilização de fontes energéticas de maneira ininterrupta a preços acessíveis.

No que se refere aos respectivos entendimentos e interpretações sobre o conceito de segurança energética alguns autores como Nina (2020) destacam que uma das compreensões mais dominantes é a trabalhada pela AIE que define que um país pode ser considerado em segurança do ponto de vista energético se for capaz de reduzir a sua vulnerabilidade mesmo diante da possibilidade de interrupção do fornecimento de bens energéticos ou de variações abruptas nos níveis de preços no mercado.

No entanto, o entendimento da AIE sobre segurança energética não é tão simples e muitas considerações podem ser feitas, bem como críticas construtivas. Um exemplo destacado por Nina (2020) é que a questão dos preços acessíveis pode ter aspectos diferentes a depender do país pois não existe um indicador de preços considerado ótimo para todos. Nesse sentido é possível interpretar que de acordo com Nina (2020) a segurança energética pode não significar a mesma coisa para países importadores, bem como para países exportadores, que se interessam a preços reduzidos no primeiro grupo e a maximização dos lucros no segundo grupo.

Também é possível criticar e debater o que seria a capacidade de garantir energia de forma ininterrupta de um país, pois isso também não é universal para todos os países que detém distintas características e capacidades. De acordo com Nina (2020) uma eventual ruptura de abastecimento poderia ser analisada a partir de erros de políticas energéticas, bem como de ações intencionais e não intencionais como problemas técnicos involuntários que afetam a infraestrutura de energia em virtude de questões relacionadas ao transporte ou à distribuição.

Além das questões já discutidas referentes a preços e a interrupção do fornecimento de energia, também há na literatura muitos autores que, de acordo com Nina (2020) buscam compreender o conceito de segurança energética a partir do uso de muitos indicadores que poderiam quantificar um grau de segurança energética de um país. Apesar dos aspectos positivos relacionados ao trabalho da definição a partir de indicadores também existem aspectos negativos já que de acordo com Nina (2020) tal abordagem pode resultar em eficácia com um grau elevado de arbitrariedade e eficácia duvidosa em função do peso relativo dos componentes de cada indicador e também das metodologias dos respectivos cálculos que tendem a simplificar aspectos da realidade. No caso do Brasil, por exemplo, o potencial mapeado referente à geração de energia por meio de ondas e de marés foi feito a partir de métodos quantitativos consagrados, mas com limitações por algumas razões dentre as quais a ausência de medições in loco nas respectivas regiões costeiras do Brasil.

Nesse sentido destaca-se que o conceito de segurança energética, de acordo com Nina (2020) deve ser entendido como um conceito contextual e dinâmico que pode variar de acordo com as circunstâncias como o nível de desenvolvimento econômico, a natureza do sistema energético e a posição geopolítica do país. No que se refere ao Brasil portanto o conceito de segurança energética não seria útil se, de acordo com Nina (2020) não abarcar questões como a necessidade de manter preços acessíveis à população, a natureza dual do Brasil como país

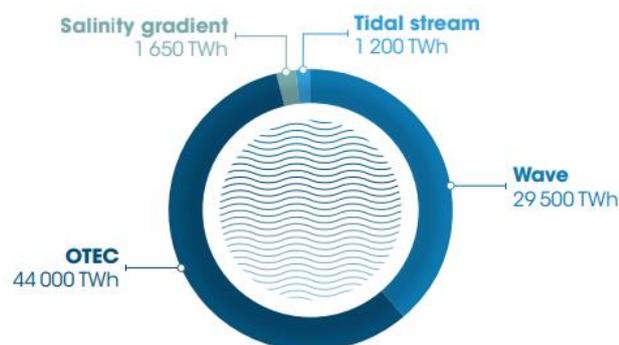
exportador e importador de energia, questões de sustentabilidade ambiental e as peculiaridades de uma matriz energética limpa.

### ENERGIAS BASEADAS NO OCEANO: UMA ATENÇÃO ESPECIAL PARA AS MARÉS E ONDAS

De acordo com o *High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy* (2019) entende-se que as fontes de energia renovável baseadas nos oceanos incluem<sup>2</sup>: (1) energia eólica offshore - 1.1 - perto da superfície e 1.2 - em grandes altitudes, (2) energia solar flutuante, (3) biomassa marinha e (4) energia oceânica, que envolve (4.1) corrente de marés, (4.2) amplitude de marés, (4.3) ondas, (4.4) conversão de energia térmica oceânica (OTEC) e (4.5) gradiente de salinidade. Com o maior desenvolvimento e aplicação no mundo das eólicas offshore em relação às outras energias baseadas no oceano algumas organizações internacionais já trabalham com a classificação de dois grupos de energias renováveis tecnológicas baseadas no oceano: (I) eólica offshore (*offshore wind – OSW*) e (II) outras formas de energia baseadas no oceano (*Other forms of ocean-based renewable energy - ORE*), conforme destacado pelo *High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy* (2019).

No cenário atual nota-se que existem muitos desafios, mas que se forem superados talvez sejam capazes de oferecer uma grande evolução tecnológica rumo à descarbonização da geração de energia, do desenvolvimento sustentável, bem como da segurança energética e da segurança marítima que podem ter a tendência de construir uma relação cada vez mais forte. Conforme postulado pela *International Renewable Energy Agency* (IRENA) (2023) o potencial, bem como a previsão da capacidade instalada no mundo para a geração de energia a partir das energias baseadas no oceano é muito grande até o ano de 2050 como pode ser observado nas figuras número 1 e 2 abaixo.

Figura número 1 – Potencial Global das energias Baseadas no Oceano

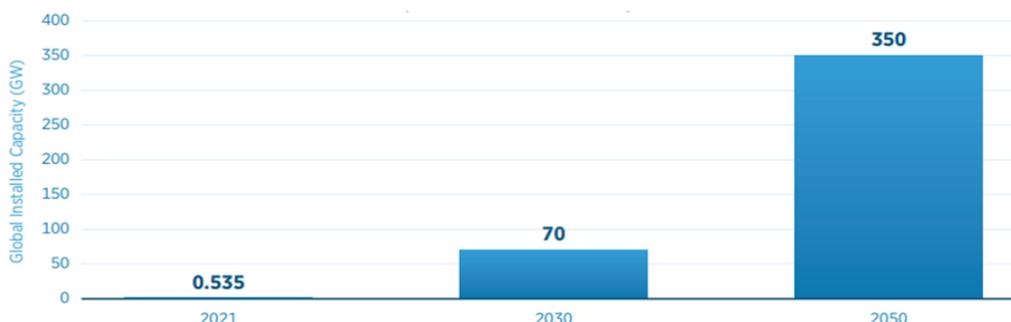


Fonte: IRENA (2023)<sup>3</sup>

<sup>2</sup> (1) energia eólica offshore (*offshore wind energy*) -1.1 perto da superfície (*near-surface*) and 1.2 em grandes altitudes (*high-altitude*), (2) solar flutuante (*floating solar*), (3) biomassa marinha (*marine biomass*), (4) energia oceânica (*ocean energy*) – 4.1-corrente de marés (*tidal range*), 4.2 – amplitude de marés (*tidal stream*), 4.3 – ondas (*wave*), 4.4 – conversão de energia térmica oceânica (*Ocean Thermal Energy Conversion*), (4.5) gradiente de salinidade (*salinity gradient*).

<sup>3</sup> I - OTEC - *Ocean Thermal Energy Conversion* (Conversão da Energia Térmica dos Oceanos); II - *Salinity Gradient* (Gradiente de Salinidade); III - *Tidal Energy* (Energia das Marés); IV - *Wave* (Energia da Ondas)

**Figura número 2 –** Projeção de capacidade global instalada das energias Baseadas no Oceano



Fonte: IRENA (2023)

Neste cenário de desenvolvimento das energias baseadas no oceano a Comissão Europeia (2022) destaca que a energia das marés e das ondas são as que mais se destacam tendo em vista que são as que detêm até o momento as maiores vantagens tecnológicas com um grande potencial para a energia das marés existente na França, na Irlanda e na Espanha e com um grande potencial existente para energia das ondas nos estados e regiões que fazem fronteira com o Atlântico, o Mar do Norte, o Mar Báltico, o Mar Mediterrâneo e também o Mar Negro. Deste modo, na teoria o potencial energético da energia das ondas na Europa é em torno de 2800 TWh (Terawatt-hora) anualmente e da energia das marés em torno de 50 TWh por ano. Além do grande potencial, já existem algumas unidades geradoras de energia de marés e ondas em funcionamento no mundo e pela figura número 3 localizada abaixo é possível observar que, de acordo com a Comissão Europeia (2022), a União Europeia (EU) e o Reino Unido são atores muito importantes nesta temática.

**Figura número 3 –** capacidade global instalada (excluindo intervalo das marés)

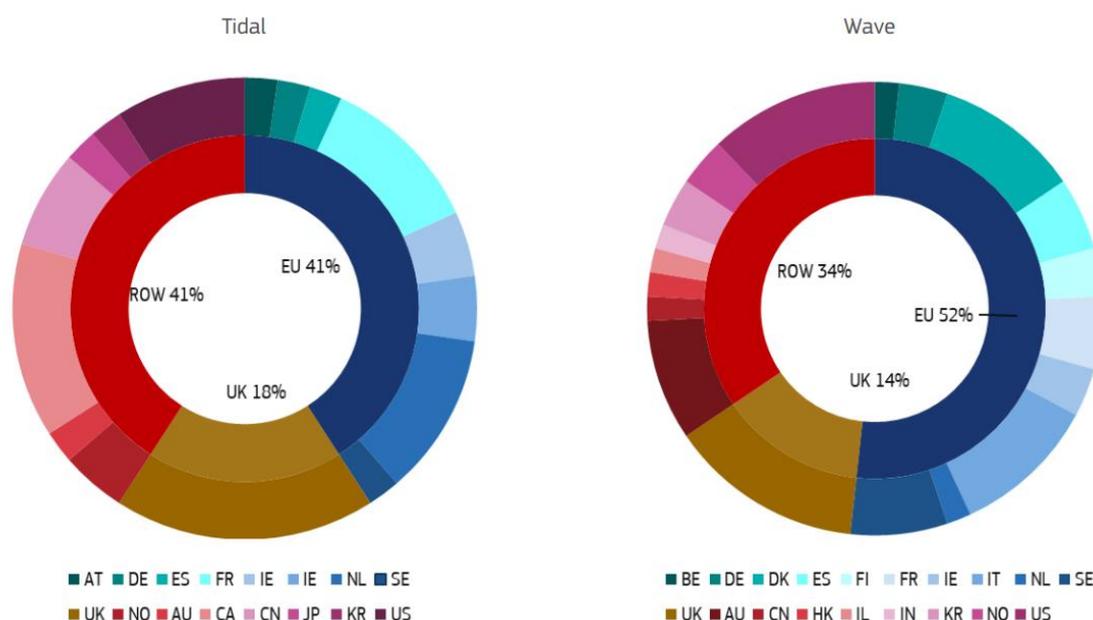


Fonte: Comissão Europeia (2022)<sup>4</sup>

<sup>4</sup> I - ROW - Rest of the World (Resto do Mundo); II - UK - United Kingdom (Reino Unido); III - EU - European Union (União Europeia)

Como pode ser observado na figura número 3 e de acordo com a Comissão Europeia (2022) cerca de 75% da capacidade global instalada encontra-se em águas europeias com grande destaque para a União Europeia com 15.6 MW e para o Reino Unido com 15.9 MW de capacidade instalada. A ambição dos países da União Europeia de acordo com a Comissão Europeia (2022) é que a partir da *Offshore Renewable Energy Strategy* os países do bloco alcancem 100MW de capacidade instalada a partir de 2025 e 1GW a partir de 2030. Além da capacidade instalada outro fator que também é importante para o desenvolvimento das energias baseadas no oceano são os atores que detém a tecnologia, o que também é importante em termos de segurança marítima e de segurança energética. A figura número 4 ilustra como se encontra esse quadro no mundo.

**Figura número 4** – distribuição dos desenvolvedores de energia das marés e das ondas



Fonte: Comissão Europeia (2022)

Comissão Europeia - Glossário dos Códigos dos Países (2024)<sup>5</sup>

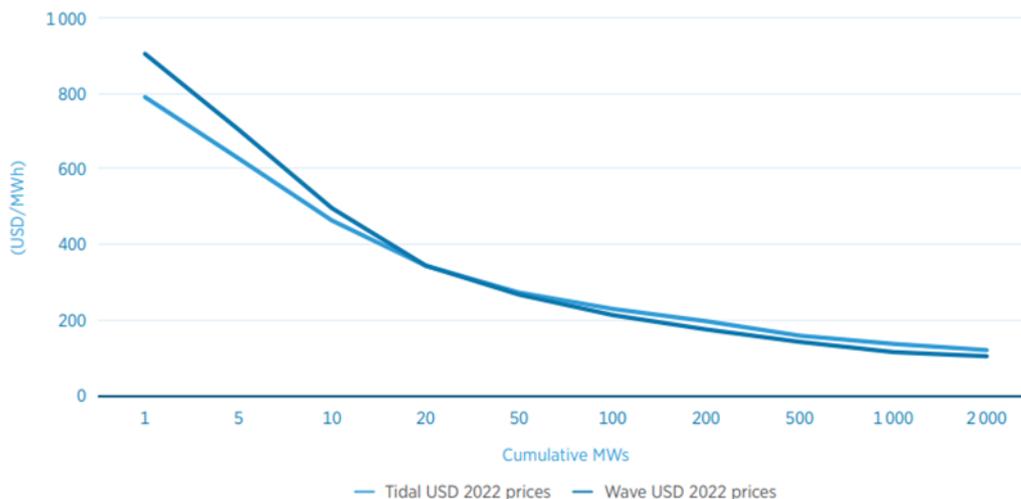
Como pode ser observado na figura número 4, cerca de 41% dos desenvolvedores da tecnologia da energia das marés encontram-se na União Europeia e 18% no Reino Unido, enquanto 52% dos desenvolvedores da tecnologia da energia das ondas encontram-se na União Europeia e 14% no Reino Unido. Tal fato tende a fortalecer o papel da energia das ondas e das marés como protagonista na elaboração de estratégias sobre segurança energética e segurança marítima dos Estados dessa região.

<sup>5</sup> AT – Austria (Austria); DE – Germany (Alemanha); ES – Spain (Espanha); FR – France (França); IE – Ireland (Irlanda); NL – Netherlands (Holanda); SE – Sweden (Suécia); UK – United Kingdom (Reino Unido); NO – Norway (Noruega); AU – Australia (Australia); CA – Canada (Canada); CN –China (China); JP – Japan (Japão); KR – South Korea (Coreia do Sul); US – United States (Estados Unidos); BE – Belgium (Bélgica); DK – Denmark (Dinamarca); FI – Finland (Finlândia); IT – Italy (Itália); HK – Hong Kong (Hong Kong); IL – Israel (Israel); IN – India (Índia);

De acordo com a IRENA (2023), a tecnologia de geração de energia a partir de marés provém de ciclos da lua, do sol e da terra que já estão estabelecidos, o que resulta na garantia de uma maior previsibilidade em relação a outros tipos de energia. Adicionalmente é importante destacar que, de acordo com a IRENA (2023), tais energias baseadas no oceano tem muitas qualidades, dentre as quais destaca-se: (I) grande potencial de contribuição para a oferta de capacidade firme de energia, (II) muita capacidade de aceitação social, (III) são ideais para serem combinadas com outras energias renováveis como a eólica e a solar, (IV) podem oferecer energia para o consumidor final, (V) capacidade de promoção de 650 mil empregos diretos até 2050 no mundo e por fim (VI) existe grande capacidade de combinar geração de energia com dessalinização da água a partir das energias baseadas no oceano.

Além disso também é importante mencionar que há cerca de 10 anos, de acordo com a IRENA (2014), já existem algumas tentativas de combinar parques eólicos offshore com energia de marés, como por exemplo existe no Japão, mas em grande parte dos casos essas tecnologias não combinaram bem pois as fortes marés necessárias na época ainda aumentavam os custos de instalação dos parques eólicos offshore. Apesar do grande potencial existente da geração de energia a partir das energias baseadas no oceano e da alta projeção da capacidade instalada até o ano de 2050 é importante destacar que tais energias ainda tem altos custos associados, mas que podem cair se existir um movimento de alto investimento para o aparecimento de uma grande cadeia produtiva, como pode ser observado na figura número 5 abaixo.

**Figura número 5** – Custos da energia das marés e ondas em relação a capacidades desenvolvidas



**Fonte:** IRENA (2023)

Nesse sentido destaca-se o alto potencial de contribuição das energias das marés e das ondas baseadas para os países que buscam desenvolver no médio e no longo prazo planos sobre segurança marítima e segurança energética. Apesar disso, também é necessário observar que cada país tem as suas especificidades e que não basta apenas ter o potencial de desenvolvimento

da fonte de energia, mas também é preciso ter a preocupação de ter a disponibilidade das tecnologias das energias baseadas no oceano.

### QUAL SERÁ O PAPEL DAS ENERGIA DAS MARÉS E DAS ONDAS: O MUNDO, O REINO UNIDO E O BRASIL

No âmbito global o Plano Tecnológico Estratégico Energético da União Europeia e as estratégias do Reino Unido estão em desenvolvimento para diminuir o custo da geração de energia a partir das marés e das ondas, que ainda é considerado alto. No entanto, de acordo com a IRENA (2023) tais energias já oferecem benefícios simbióticos que ajudam na transição para um futuro de energia sustentável. No mundo já existem alguns grandes programas oferecendo apoio financeiro para projetos de alcance industrial como por exemplo no Canadá para a instalação de plantas de energia de marés na Nova Scotia para gerar 25 MW de energia, no Reino Unido para geração de 40 MW de energia que inclui o projeto Orbital Marine Power em Orkney na Escócia para geração de 7,2 MW. Adicionalmente destaca-se que na Ilhas Faroe a empresa sueca Minesto desenvolve um projeto para gerar entre 30-70 MW de energia das marés para que até o ano de 2030 as Ilhas Faroe tenham 100% de sua energia gerada pelas marés. As figuras número 6 e 7 mostram abaixo o projeto nas Ilhas Faroe já em desenvolvimento

**Figura número 6** – Projeto de energia de marés nas ilhas Faroe – Instalação do equipamento



Fonte: Minesto, 2023

**Figura número 7** – Projeto de energia de marés nas ilhas Faroe: Equipamento em operação



Fonte: Minesto, 2023

O desenvolvimento de tais projetos com escala industrial para energia de marés e de ondas poderá oferecer ajuda para outras energias renováveis baseadas no oceano pois, de acordo com a IRENA (2014), tais tecnologias renováveis de geração de energia a partir do oceano tem uma cadeia produtiva similar com a eólica offshore e com o setor de óleo e gás. A figura número 8 localizada abaixo ilustra os principais locais no mundo que detém um potencial para geração de energia a partir das marés

**Figura número 8** – Locais com o maior potencial para geração de energia das marés no mundo



Fonte: Serin *et al.* 2023

Apesar dos locais que aparecem na imagem número 8 terem um grande potencial de geração de energia das marés destaca-se que alguns desses países ainda não tem um setor doméstico desenvolvido para desenvolver tais recursos, como é o caso do Brasil, de acordo com Serin (2023). O grande potencial estimado globalmente apenas das energias das marés chega a 100 GW e outras instituições colocam que poderia chegar até a 300GW de acordo com Serin (2023), mas apesar dos números serem significativos ainda são muito inferiores ao potencial estimado de 71.000GW para as eólicas offshore. Tais características podem indicar que as energias das ondas e das marés tendem a ter um papel menos relevante do que as eólicas offshore na busca pela segurança energética e segurança marítima.

Destaca-se também que, de acordo com a IRENA (2014), a tecnologia de geração de energia por marés necessita de conexões com rede de energia em terra, assim como acontece com as eólicas offshore. Além disso, tais energias baseadas no oceano possuem necessidades de instalações portuárias adequadas para manutenção e operação dos equipamentos, que demandam espaço e planejamento e gestão de infraestrutura em áreas costeiras. Outros desafios se encontram nos aspectos de regulação, o que em muitos países ainda precisam se desenvolver no sentido de oferecer segurança para grandes projetos de ondas e marés.

No que envolve o Reino Unido destaca-se que, de acordo com Serin (2023), o ano de 2019 ficou marcado pelo compromisso de reduzir a emissão de gases poluentes até 2050, pois foi um dos momentos importante para o desenvolvimento das energias das marés e das ondas. Poucos anos depois, em 2021 outro grande marco foi o primeiro apoio do governo do Reino Unido com 20 milhões de libras por ano para o desenvolvimento de quatro projetos de energia de marés com o total de 40.8MW, que foram contemplados para entrar em operação até 2027. Pela iniciativa do governo do Reino Unido o ano de 2021, de acordo com Serin (2023) foi visto como um ponto chave de mudança com a possibilidade da redução dos custos para a indústria da energia das marés. de modo que quatro projetos.

Somado aos incentivos no ano de 2022 aconteceu o lançamento do intitulado *British Energy Security Plan Strategy*, que também atribuiu maior importância a energia das marés, mas que apenas se restringiu a uma única citação a esta tecnologia de modo que conferiu uma importância muito maior a energia eólica offshore. A figura número 9 em destaque abaixo mostra uma tabela que compara a evolução da capacidade de geração de energia no Reino Unido das eólicas offshore com a energia de marés e ondas.

**Figura número 9** – Desenvolvimento das energias marinhas renováveis do Reino Unido

	Capacity at year end (MW)		Generation			
			Total (GWh)		Share of all UK total	
	Offshore wind	Shoreline wave/tidal	Offshore wind	Shoreline wave/tidal	Offshore wind	Shoreline wave/tidal
2010	1,341	4	3,060	2	0.8%	0.0%
2011	1,838	4	5,149	1	1.4%	0.0%
2012	2,995	9	7,603	4	2.1%	0.0%
2013	3,696	8	11,472	5	3.2%	0.0%
2014	4,501	9	13,405	2	4.0%	0.0%
2015	5,094	9	17,423	2	5.1%	0.0%
2016	5,293	13	16,406	0	4.8%	0.0%
2017	6,988	18	20,916	4	6.2%	0.0%
2018	8,181	20	26,525	9	8.0%	0.0%
2019	9,888	22	31,975	14	9.9%	0.0%
2020	10,383	22	40,681	11	13.0%	0.0%
2021	11,255	22	35,510	5	11.5%	0.0%

**Fonte:** House of Commos Library, 2022

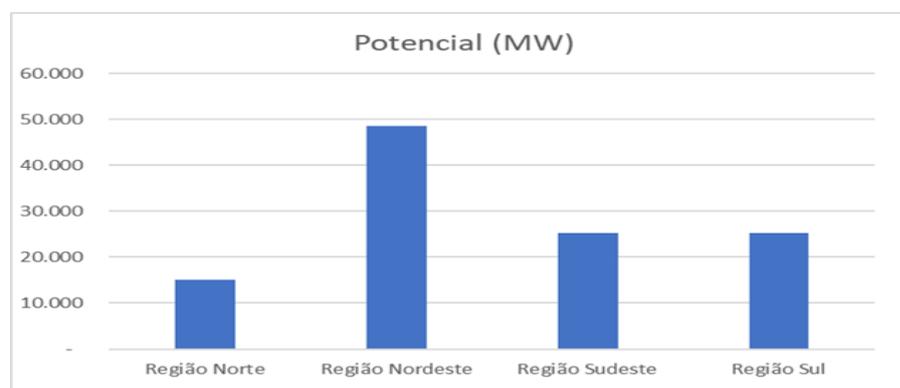
É possível observar pela figura número 9 que ainda há um longo caminho para o desenvolvimento das energias baseadas nas marés e nas ondas no Reino Unido, mas esse cenário deve mudar com os movimentos recentes dos últimos 4 anos. Apesar do espaço reduzido que o intitulado *British Energy Security Plan Strategy* do Reino Unido concedeu para as energias das marés e das ondas é importante destacar que, de acordo com Serin (2023), a energia das marés pode reduzir as importações de recursos energéticos do Reino Unido e aumentar a segurança energética. Além disso, também de acordo com Serin (2023), a capacidade de geração de energia no Reino Unido a partir da energia das marés pode chegar a 11.5 GW, valor que se aproxima do

que existe hoje de capacidade instalada de eólica offshore no Reino Unido. Tal expansão possibilitaria o Reino Unido a reduzir em 40% a quantidade de gás que é despachada para equilibrar o sistema elétrico do Reino Unido, o que aumentaria a segurança energética pois o Reino Unido importa mais de 50% do gás que consome. Além disso, de acordo com Serin (2023) os projetos do Reino Unido de energias de marés utilizam mais de 80% de conteúdo doméstico que por outro lado para projeto de eólicas offshore utiliza apenas 48% de conteúdo doméstico.

No que envolve o âmbito do Brasil dentro do escopo das outras formas de energias renováveis baseadas no oceano<sup>6</sup> é importante destacar as energias das marés e das ondas que, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018) com base em estudos realizados pela COPPE/UFRJ e Seahorse Wave Energy no ano de 2013, tem o potencial de oferecerem para o Brasil a geração de 114,300GW. Esse é um grande potencial energético tendo em vista que no ano de 2023 o Brasil tem uma capacidade instalada de geração de energia de 190 GW, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2023).

Nesse sentido pode-se fazer a pergunta: mas como acontece a distribuição deste potencial no Brasil? A resposta pode ser encontrada a partir do que foi apresentado no relatório do ano de 2018 “Nota Técnica PR 04/18 da EPE intitulado “Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050”. Neste relatório foram utilizados dados sobre o potencial teórico brasileiro de energia oceânica, que foram levantados pela COPPE/UFRJ e pela Seahorse Wave Energy no ano de 2013. Com os dados apresentados foi possível elaborar o gráfico número 1, que possibilita uma comparação do potencial teórico das energias baseadas em ondas e marés no Brasil por região. Além disso, também foi possível elaborar a tabela número 1 classificando em ordem crescente os Estados com os maiores potenciais teóricos de geração de energias baseadas em ondas e marés.

**Gráfico número 1** – Potencial das energias baseadas em ondas e marés no Brasil em Megawatts (MW)



**Fonte:** Elaboração própria com base em dados da COPPE/UFRJ e Seahorse Wave Energy (2013) e da Empresa de Pesquisa Energética (2018)

<sup>6</sup> ORE - Other forms of ocean-based renewable energy (outras formas de energias renováveis baseadas no oceano); Tidal Energy (energia das marés); Wave energy (energia das ondas)

**Tabela número 1** – Potencial brasileiro estimado das energias de ondas e marés por Estado em Megawatts (MW)

Unidade da Federação	Potencial (MW)
Bahia	14.100
Rio Grande do Sul	12.800
Santa Catarina	10.900
Rio de Janeiro	9.800
São Paulo	9.600
Ceará	8.380
Maranhão	8.350
Amapá	7.810
Pará	7.300
Rio Grande do Norte	6.000
Espirito Santo	5.940
Alagoas	3.600
Pernambuco	2.940
Sergipe	2.470
Paraíba	1.840
Paraná	1.510
Piauí	960

**Fonte:** Elaboração própria com base em dados da COPPE/UFRJ e Seahorse Wave Energy (2013) apud Empresa de Pesquisa Energética (2018).

Pelos dados apresentados e considerações feitas pela EPE (2018) no Brasil as melhores condições de aproveitamento das marés estão no litoral do Amapá, Pará e Maranhão, enquanto as regiões sul e sudeste têm condições de ondulações mais energéticas e o litoral nordeste se caracteriza por ondulações menores, porém mais constantes. Além disso, de acordo com a EPE (2018) as regiões norte e nordeste estão sujeitas a um grande aproveitamento de correntes pela variação de maré com influência dos afluentes do rio Amazonas, que recebe influência da maré em até 800 km desde sua desembocadura.

A partir dos dados apresentados é possível dizer que Brasil tem em torno de 10 vezes mais capacidade de geração de energia através das marés e das ondas do que o Reino Unido, no entanto tais estimativas ainda precisam ser atualizadas e melhor compreendidas. Apesar do potencial promissor, ainda não há no Brasil a geração de energia a partir das marés e das ondas. De acordo com o Professor de Engenharia Oceânica da UFRJ Segen Estefen, em entrevista em 2021 para a CNN Brasil (2021), apenas um protótipo de usina de ondas foi desenvolvido pelo Brasil até o momento atual, que ficou instalado no Porto de Pecém no Ceará e que trabalhava pelo movimento dos flutuadores, que a partir das ondas levava água doce com alta pressão para um sistema de pás que quando movimentado gerava energia. O protótipo funcionou até o fim do projeto no ano de 2014 com a retirada dos equipamentos e foi pioneiro no Brasil.

Um outro grande desafio enfrentado no Brasil para o desenvolvimento de energias baseadas no oceano como a de marés e de ondas é a regulação e os incentivos do governo que inexistem até o momento. Tais iniciativas governamentais poderiam ser positivas no que se refere ao começo da criação de uma cadeia produtiva local e da redução dos custos associados a projetos de energia de marés e ondas. No cenário atual brasileiro apesar do grande potencial não há como associar um planejamento de curto prazo sobre segurança marítima e segurança energética em razão da energia das marés e das ondas, pois o país ainda precisa consolidar as suas capacidades técnicas neste contexto. Apesar disso é possível elaborar cenários e planos de médio e longo prazo visando o começo de instalações de tecnologias para gerar energia a partir das ondas e das marés

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que o objetivo geral do presente artigo é analisar o potencial das energias baseadas no oceano com especial foco nas energias das marés e das ondas na busca pela segurança marítima e energética no Reino Unido e no Brasil é possível afirmar que os cenários nas duas regiões são muito distintos. No Reino Unido existe um grande potencial de geração de energia a partir das marés e das ondas e já há projetos em construção com apoio do governo com previsão de conclusão até 2027. No entanto, o governo do Reino Unido ainda não colocou um grande destaque na energia a partir das marés e das ondas para obtenção de segurança energética e de segurança marítima.

A capacidade de geração de energia no Reino Unido, de acordo com Serin (2023) a partir da energia das marés pode chegar a 11.5 GW, valor que se aproxima do que existe atualmente de capacidade instalada de eólica offshore no Reino Unido de acordo com a House of Commons do UK (2022). Destaca-se ainda que investir em energia das marés e ondas iria de encontro com as definições de segurança energética e de segurança marítima tendo em vista: (I) a possibilidade do Reino Unido reduzir em 40% a quantidade de gás que é despachada para equilibrar o sistema elétrico, pois o Reino Unido importa mais de 50% do gás que consome e que (II) os projetos do Reino Unido de energias de marés utilizam mais de 80% de conteúdo doméstico, valor superior a projetos de eólicas offshore que utilizam apenas 48% de conteúdo doméstico.

No que se refere ao Brasil destaca-se o potencial do país de gerar até 10 vezes mais energia através das marés e das ondas em comparação ao Reino Unido, no entanto também é importante compreender que ainda há uma ausência de uma cadeia produtiva local especializada nestas tecnologias, bem como não há iniciativas governamentais de apoio a projetos. O Brasil não tem as mesmas necessidades do Reino Unido pois, dentre muitos outros aspectos que diferenciam ambos, o Brasil detém uma matriz energética muito diversificada e sem as mesmas pressões voltadas para a dependência ao abastecimento de gás.

Neste sentido destaca-se que as energias baseadas nas marés e nas ondas podem ter maior importância no curto prazo para o Reino Unido do que para o Brasil em termos de segurança energética e de segurança marítima. Portanto, no curto prazo é maior a necessidade do Reino

Unido em diversificar a sua matriz energética e garantir a estabilidade em termos de preço e de disponibilidade de energia pode ser considerada maior, de modo que as energias baseadas nas marés e nas ondas podem exercer um papel relevante neste cenário.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica. (2023). *Brasil ultrapassa os 190 GW em capacidade de geração de energia elétrica*. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/brasil-ultrapassa-os-190-gw-em-capacidade-de-geracao-de-energia-eletrica#:~:text=Brasil%20ultrapassa%20os%20190%20GW,Ag%C3%Aancia%20Nacional%20de%20Energia%20El%C3%A9trica> [Acesso em: 16 abr. 2023]

Buerger, C. (2015). *What is maritime Security?* Disponível em: [Bueger2014-What-is-maritime-Security-final.pdf](#) [Acesso em: 15 jun. 2023]

Beirão, A. P. (2019). “Uma Proposta de delimitação da Segurança Marítima do Atlântico Sul”. In: ALMEIDA, F. E. A.; MOREIRA, W. S. *Estudos Marítimos: visões e abordagens*. Rio de Janeiro: Editora Humanitas, p. 355-388.

CNN Brasil. (2021). *Entenda como as ondas e marés podem gerar energia no Brasil*. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/entenda-como-ondas-e-mares-podem-gerar-energia-no-brasil/> [Acesso em: 14 abr. 2023].

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). (2018). *Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050*. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050> [Acesso em: 14 abr. 2023].

European Commission (2022). *Eurostat Statistics Explained. Glossari: Country codes*. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Country\\_codes](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Country_codes) [Acesso em: 01 jul. 2024].

European Commission (2022). *The EU Blue Economy Report*. Publications Office of the European Union. Luxembourg.

Governo do Reino Unido. (2022). *British Energy Security Strategy*. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/british-energy-security-strategy> [Acesso em: 11 nov. 2023].

Kempener, R; Neumann, F. (2014). *Tidal Energy Technology Brief*. International Renewable Energy Agency. Disponível em: [Tidal Energy: Technology brief \(irena.org\)](#) [Acesso em: 14 abr. 2023].

Irena and OEE (2023). *Scaling up investments in ocean energy technologies, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi*. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Scaling-up-investments-in-ocean-energy-technologies> [Acesso em: 14 abr. 2023].

Minesto. (2023). *The Faroe Islands*. Disponível em: <https://minesto.com/faroe-islands/> [Acesso em: 14.04.2023].

Nina, A. (2020). *A diplomacia brasileira e a segurança energética nacional*. Brasília: FUNAG.

Hight Level Panel for a Sustainable Ocean Economy. (2019). *What Role for Ocean-Based Renewable Energy and Deep-Seabed Minerals in a Sustainable Future?*. Oceanpanel.

Hoegh-Guldberg, O. *et al.* (2019). "The Ocean as a Solution to Climate Change: Five Opportunities for Action." Report. Washington, DC: *World Resources Institute*. Disponível em: <http://www.oceanpanel.org/climate> [Acesso em: 14 abr. 2023].

House Of Commons Library. (2022). *Government support for marine renewables*. United Kingdom.

Shadman, M.; Stefen, S. (2022). "Energias renováveis no oceano". In: *Economia Azul - vetor para o desenvolvimento do Brasil*. Organizadores: SANTOS, Thauan [et al.]. São Paulo, Essencial Idea Editora. Disponível em:

[https://www.marinha.mil.br/sites/all/modules/livro\\_economia\\_azul/book.html](https://www.marinha.mil.br/sites/all/modules/livro_economia_azul/book.html)

Serin, E.; Andres, P.; Martin, R.; Shah, A.; Valero, A. (2023) *Seizing sustainable growth opportunities from tidal stream energy in the UK*. London: London School of Economics and Political Science.

Unesco. (2019). *Summary Report of the Regional Planning Workshop for the South Atlantic*. Rio de Janeiro. Disponível em: FINAL-Summary-Report-of-the-SA-Regional-Planning-Workshop-20abr2020-CAM-FASN\_1587381909.pdf (mctic.gov.br). [Acesso em: 15 jun. 2023].