



PRINCIPAIS DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE ENERGIA ELÉTRICA GERADA PELAS MARÉS NO BRASIL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5406

Autores: EDGARD GONCALVES CARDOSO

Resumo: *A energia das marés, uma forma de energia renovável gerada pelo movimento das marés, tem sido apontada em diversas partes do mundo como uma solução potencial para diversificar a matriz energética e reduzir a dependência de combustíveis fósseis. No contexto brasileiro, apesar de possuir uma extensa costa litorânea, a exploração dessa fonte energética ainda é incipiente. Enquanto o Brasil tem feito avanços significativos em outras formas de energia renovável, como a solar e a eólica, a energia das marés permanece em grande parte inexplorada. Partindo da questão de pesquisa "Quais são os principais desafios que impedem a expansão da geração de eletricidade a partir da energia das marés no Brasil?", este estudo busca compreender quais são esses desafios que têm limitado a expansão da obtenção de eletricidade a partir da energia das marés no Brasil, considerando aspectos tecnológicos, ambientais, econômicos e regulatórios. Através de uma análise aprofundada, almeja-se não apenas identificar os desafios, mas também apontar caminhos para superar tais obstáculos, inspirando-se em experiências internacionais e propondo estratégias adaptadas à realidade brasileira.*

Palavras-chave: *Energias Renováveis do Mar. Energia das Marés. Desafios de Expansão. Fontes Renováveis. Brasil.*

PRINCIPAIS DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE ENERGIA ELÉTRICA GERADA PELAS MARÉS NO BRASIL

1 INTRODUÇÃO

A energia das marés, uma forma de energia renovável gerada pelo movimento da água do mar ocasionada pela interação das forças gravitacionais da Lua, da Terra e, em menor medida, do Sol, tem despertado interesse global como uma alternativa viável para diversificar a matriz energética e reduzir a dependência de combustíveis fósseis.

Vários métodos foram propostos para a produção de energia a partir das marés. Embora variem em abordagem, todos esses métodos compartilham um princípio fundamental, que é a utilização da energia cinética ou a energia potencial das marés para gerar eletricidade. Atualmente, existem três métodos principais para a geração de energia maremotriz: barragens de maré, lagoas de maré e correntes de maré (SHETTY e PRIYAM, 2022).

Apesar de o Brasil possuir uma extensa costa litorânea, a exploração dessa fonte energética ainda se encontra em estágios iniciais de desenvolvimento. Enquanto o país tem feito avanços notáveis em outras formas de energia renovável, como a solar e a eólica, a energia das marés permanece amplamente subutilizada.

Nesse contexto, surge a questão central que direciona esta pesquisa: "Quais são os principais desafios e obstáculos que impedem a expansão da geração de eletricidade a partir da energia das marés no Brasil?" Este estudo tem como objetivo primordial compreender os desafios fundamentais que têm limitado a expansão da obtenção de eletricidade a partir da energia das marés no Brasil, considerando uma ampla gama de aspectos, abrangendo desde os desafios tecnológicos até questões ambientais, econômicas e regulatórias. Por meio de uma análise metódica e embasada em rigor científico, busca-se não somente identificar tais desafios, mas também fornecer diretrizes para superar esses obstáculos, valendo-se de lições aprendidas em experiências internacionais e propondo estratégias especialmente adaptadas à realidade brasileira.

Além de analisar os desafios que estabelecem obstáculos a expansão da obtenção de eletricidade baseada na energia das marés no Brasil e, adicionalmente, apresentar possíveis soluções e alternativas para transpor essas limitações. Complementando o objetivo geral, delineiam-se os seguintes objetivos específicos:

- Mapear as áreas potenciais para a exploração da energia das marés no Brasil, identificando regiões com maior aptidão para projetos bem-sucedidos.
- Identificar os principais desafios tecnológicos, ambientais, econômicos e regulatórios que têm sido enfrentados no contexto brasileiro, detalhando os desafios específicos associados a cada uma dessas categorias.
- Realizar uma análise aprofundada de experiências internacionais bem-sucedidas na obtenção de eletricidade a partir da energia das marés, buscando lições e insights aplicáveis ao cenário brasileiro.
- Propor estratégias e recomendações concretas para superar as barreiras identificadas, com ênfase na adaptação das soluções às particularidades do contexto nacional.

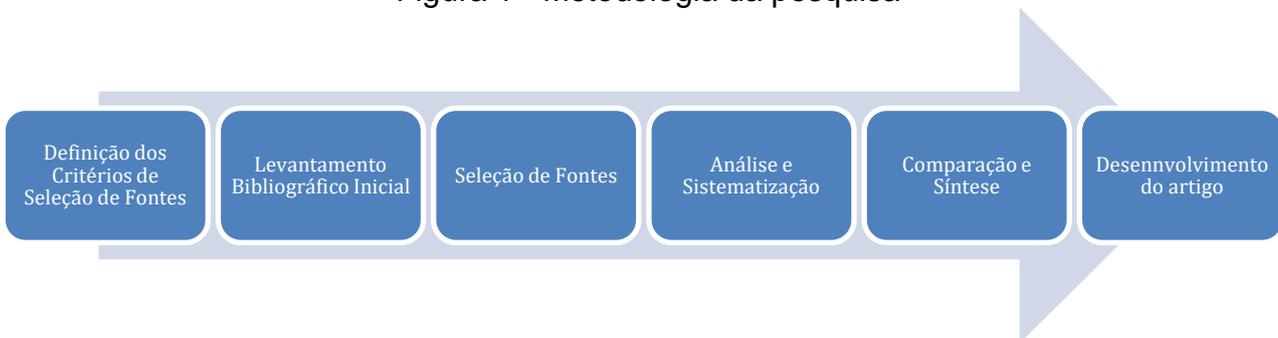
Este estudo parte da hipótese que a obtenção de eletricidade a partir da energia das marés no Brasil enfrenta desafios significativos, incluindo limitações tecnológicas, complexidades

regulatórias, impactos ambientais e custos de investimento elevados. Esses desafios têm atuado como fatores restritivos significativos, impedindo a plena integração da energia das marés no panorama energético nacional.

2 METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado para este estudo será uma revisão sistemática da literatura, seguida de uma análise comparativa de dados de artigos científicos, relatórios técnicos, dissertações e teses relacionados à energia das marés e suas barreiras de expansão no contexto brasileiro. Este método foi escolhido devido à necessidade de compreender profundamente as questões abordadas e fornecer uma análise abrangente das barreiras à geração de eletricidade a partir da energia das marés no Brasil. A metodologia de pesquisa seguirá as etapas conforme Figura 1.

Figura 1 - Metodologia da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

- **Definição dos Critérios de Seleção de Fontes:** Serão estabelecidos critérios de seleção para identificar as fontes de pesquisa relevantes. Os critérios incluirão a relevância do conteúdo para o tema da energia das marés no Brasil, a atualidade das fontes (considerando um período de, no máximo, 15 anos, visto a necessidade de análise de projetos já bem estabelecidos), e a credibilidade das publicações.
- **Levantamento Bibliográfico Inicial:** Inicialmente, será realizado um levantamento bibliográfico preliminar em bases de dados acadêmicas, como Scopus, Web of Science e Google Scholar, bem como em repositórios institucionais e sites de organizações relacionadas à energia das marés no Brasil.
- **Seleção de Fontes:** Com base nos critérios de seleção, serão identificadas as fontes que atendem aos requisitos estabelecidos. Essas fontes serão coletadas e organizadas em um banco de dados bibliográfico.
- **Análise e Sistematização:** As fontes selecionadas serão analisadas quanto ao seu conteúdo, abordando aspectos relacionados aos desafios da energia das marés no Brasil. Serão sistematizadas as informações sobre as principais barreiras tecnológicas, regulatórias, ambientais e econômicas, bem como as soluções propostas ou alternativas identificadas nas fontes.
- **Comparação e Síntese:** Será realizada uma comparação entre as informações extraídas das diversas fontes, identificando convergências, divergências e lacunas no conhecimento. A partir dessa análise, será elaborada uma síntese que destacará os principais desafios e possíveis estratégias para o desenvolvimento da energia das marés no Brasil.

Essa metodologia permitirá uma análise abrangente das barreiras à expansão da energia das marés no Brasil, oferecendo insights valiosos para a compreensão dos

desafios enfrentados e a proposição de soluções viáveis. A revisão sistemática da literatura e a análise comparativa de fontes diversas contribuirão para a robustez e a credibilidade da pesquisa.

3 O POTENCIAL DA ENERGIA DAS MARÉS NO BRASIL

A energia das marés é gerada pelo movimento alternado das marés, que ocorre devido à influência gravitacional da lua e do sol sobre a Terra (KHARE, KHARE, *et al.*, 2019).

A principal atração da energia das marés reside em sua natureza renovável e previsível. Ao contrário de fontes de energia intermitentes, como a solar e a eólica, as marés seguem um padrão regular e confiável, o que facilita a previsão da geração de eletricidade. As marés geram energia elétrica utilizando a energia cinética e potencial do mar, é o modo de geração de energia através da utilização do movimento das ondas, provocada pelas marés (KHARE, KHARE, *et al.*, 2019)

Além disso, a densidade da água é significativamente maior do que a do ar, o que implica que a energia das marés pode extrair uma quantidade substancial de energia cinética da água em movimento.

O potencial de energia das marés em alguns países europeus é significativo, sendo que esse potencial é principalmente composto pelas marés da Grã-Bretanha e França e, em menor parte, pela Irlanda, Holanda, Alemanha e Espanha. Em outras regiões do mundo os levantamentos são escassos para a elaboração de estimativas confiáveis. Acredita-se que o potencial mundial é cerca de 5 a 10 vezes aquele da Europa Ocidental, ou seja, 500 a 1.000 TWh/ano (FERREIRA, 2007).

Quanto ao Brasil, este é um país que possui uma vasta extensão de costa litorânea e dimensões continentais de 8.500 Km de linha de costa, sendo que grande parte da população brasileira vive próximo ao mar (FLEMING, 2012). Essa extensa costa oferece um ambiente propício para a exploração da energia das marés, uma vez que as variações diárias das marés são uma característica intrínseca das áreas costeiras.

Estudos iniciais revelam a existência de 41 baías na costa norte do Brasil (Amapá, Pará e Maranhão) com marés de 3,7 a 8 metros, apresentando um potencial teórico acima de 60 MW e uma capacidade total instalável de até 5 GW. A exploração de energia maremotriz em outros estados brasileiros exige avaliações específicas, devido à menor amplitude das marés (PIACENTINI, 2016).

No Maranhão, análises da década de 1980 estimaram um potencial superior a 8 GW apenas no litoral desse estado. Dentro desse contexto, o estuário do Bacanga, localizado em São Luís, surge como um ponto de destaque para a exploração da energia das marés (PIACENTINI, 2016).

As marés nas áreas costeiras brasileiras variam significativamente, classificando-se em macromaré (mais de 6 metros) no norte (Amapá, Pará e Maranhão), mesomaré (2 a 4 metros) no Nordeste (exceto Maranhão), e micromaré (menos de 2 metros) no Sudeste e Sul (SANTOS e MOREIRA, 2015).

A diferença entre o dia lunar, que dura cerca de 24 horas e 50 minutos, e o dia solar, de exatas 24 horas, resulta em variações diárias no horário das marés em um mesmo local. Normalmente, observa-se um ciclo de duas marés altas (preamares) e duas marés baixas (baixamares) a cada dia lunar, caracterizando este padrão como semidiurno (PIOVANI e TRIGOSO, 2020).

3.1.2.1. VANTAGENS/BENEFÍCIOS

A energia das marés é uma fonte de energia alternativa que ainda não atingiu todo o seu potencial. É uma alternativa verde que não produz poluentes diretos ou gases de efeito estufa no meio ambiente, ao contrário dos combustíveis fósseis. A energia das marés é uma fonte de energia renovável que poderia ser usada para ajudar a mitigar as alterações climáticas (DREYER, POLIS e JENKINS, 2017).

A tecnologia de energia das marés está nos estágios iniciais de desenvolvimento e as opiniões sobre esta tecnologia e fonte de energia não são bem compreendidas (DREYER, POLIS e JENKINS, 2017).

A energia das marés também é muito previsível como fonte de energia. O movimento e os movimentos previstos das marés são constantemente estudados. Desde a década de 1850, os indivíduos têm estudado os movimentos das marés para navegar nos navios e planejar as rotas de transporte mais eficazes (OSU, 2023).

A potência gerada pode ser calculada com antecedência, facilitando a integração com as redes elétricas. Sua eficiência é alta, cerca de 80%, e as usinas maremotrizes têm uma longa vida útil. A densidade da água do mar é muito maior que a do ar, permitindo que as correntes oceânicas produzam grande quantidade de energia mesmo com baixa velocidade, tornando as turbinas maremotrizes mais compactas que as eólicas (SHETTY e PRIYAM, 2022).

A capacidade de estudar estes movimentos das marés progrediu ao longo da história, permitindo que previsões precisas sejam feitas diariamente. Com este conhecimento, a energia das marés poderia ser rastreada para determinar os locais e meios mais eficazes para implementar o tipo de energia em todo o mundo.

3.2 Os desafios da energia das marés para o Brasil

Apesar do potencial evidente da energia das marés para o Brasil, considerando a extensão de sua costa e que poucas iniciativas de aproveitamento foram realizadas, diferentemente das hidrelétricas, a sua exploração enfrenta uma série de desafios complexos que limitam o seu desenvolvimento. Os principais obstáculos que precisam ser superados para viabilizar a expansão da geração de eletricidade a partir da energia das marés no país, são: desafios tecnológicos, barreiras regulatórias, impactos ambientais e elevados custos de investimento. Esses desafios, bem como o embasamento bibliográfico será melhor exposto a seguir, bem como pode ser visualizado na

Figura 2 - Desafios da Energia das Marés

Desafios da Energia das Marés

Desafios Tecnológicos

(MUELLER, JEFFREY, *et al.*, 2010); (SHETTY e PRIYAM, 2022); (VENNELL, 2013)

Barreiras Regulatórias

(WRIGHT, 2016); (FISCH, 2016)

Impactos Ambientais

(ZHIXUE, ZHOUYANG, *et al.*, 2024); (LEITE NETO, SAAVEDRA, *et al.*, 2011).

Elevados Custos de

Investimento em barragens (NEGAHDARI, GHAEDI, *et al.*, 2023); (LEITE NETO, SAAVEDRA, *et al.*, 2011)

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.1. Desafios tecnológicos

Um dos principais desafios enfrentados pela energia das marés no Brasil está relacionado à tecnologia necessária para capturar e converter a energia das marés em eletricidade de forma eficiente e confiável.

Como os sistemas de energia oceânica operam em um ambiente hostil, há desafios ambientais e de engenharia significativos a serem superados (MUELLER, JEFFREY, *et al.*, 2010).

A construção de dispositivos robustos e duráveis capazes de suportar as condições adversas do ambiente marinho é fundamental. Além disso, a pesquisa e desenvolvimento contínuos são essenciais para aprimorar as tecnologias existentes e criar inovações que possam impulsionar o setor.

Ainda de acordo com Mueller, Jeffrey, et al (2010), os principais desafios no desenvolvimento da tecnologia de energia das ondas são: previsibilidade, para compreender a interação entre recursos e dispositivos de forma que forneça desempenho de projeto previsto; capacidade de fabricação, considerando conceitos que podem ser fabricados dentro dos custos prescritos usando tecnologia existente ou nova; instabilidade: Capacidade de instalação em condições marítimas e ambientais utilizando instalações existentes ou novas; Operabilidade, visto a necessidade de capacidade de controle, operação e manutenção pelos períodos de serviço necessários determinados pelo acesso climático; capacidade de vida útil, sendo concebida e construída para sobreviver a extremos previstos e surpreendentes em condições de vento, ondas e correntes de maré em qualquer combinação; confiabilidade, devendo ser capaz de operações confiáveis durante a vida útil prevista, se mantida conforme planejado; acessibilidade, apresentando um custo vitalício que garante o acesso ao mercado e o retorno do investimento no clima econômico prevalente.

Diversos dispositivos e técnicas são empregados para extrair energia das marés, e novos estão sendo constantemente desenvolvidos. Algumas dessas técnicas já se mostraram eficazes, mas ainda são necessários mais pesquisa e desenvolvimento para aprimorá-las (SHETTY e PRIYAM, 2022).

O limite de Betz representa um teto teórico para a capacidade de geração de energia de uma turbina que opera em uma área específica, com o coeficiente máximo de potência do rotor definido como $C_p=16/27$. Na prática, as turbinas eólicas buscam alcançar este coeficiente, mas frequentemente não conseguem devido a uma série de fatores. Seria surpreendente para muitos engenheiros especializados em turbinas eólicas e maremotrizes se as turbinas de maré atingissem um coeficiente de potência significativamente maior que 16/27, pois isso sugeriria a capacidade dessas turbinas de superar o limite teórico de geração de energia (VENNELL, 2013).

3.2.2. Barreiras regulatórias

Os marcos legais e regulatórios influenciam o avanço de tecnologias e setores emergentes, e há uma conexão significativa entre estes aspectos e os temas enfatizados na agenda de pesquisa em ciências sociais.

Uma série de estudos começaram a surgir considerando tais questões, incluindo a discussão de: lei; questões de consentimento avaliação de impacto ambiental; e planejamento espacial marinho (WRIGHT, 2016).

O ambiente regulatório no Brasil também apresenta desafios para a energia das marés. A falta de regulamentações específicas para a geração de eletricidade a partir das marés pode criar incertezas legais e burocráticas que desencorajam investimentos. É fundamental

estabelecer um quadro regulatório claro e favorável que incentive o crescimento do setor e estabeleça diretrizes para a concessão de licenças e autorizações.

Uma agenda de pesquisa em direito focada na energia oceânica foi criada, complementando a agenda existente nas ciências sociais. Esta nova agenda define um guia para explorar questões legais e de governança associadas à energia oceânica e destaca importantes tópicos para investigações futuras (WRIGHT, 2016).

3.2.3. Impactos ambientais

A instalação de dispositivos de geração de energia das marés pode ter impactos ambientais significativos, incluindo a possibilidade de interferir na fauna marinha e nos ecossistemas costeiros.

A dinâmica da água nos oceanos é influenciada por fatores como a profundidade do mar, a forma dos corpos d'água, as marés e as correntes marinhas. Sedimentos são arrastados para áreas costeiras e estuários, tanto da foz dos rios quanto do leito do oceano, movidos pelas águas sobrepostas. Esse movimento da água, impulsionado principalmente pelas marés, não só transporta sedimentos, mas também cria ambientes propícios para a vida de organismos bentônicos e pelágicos.

Contudo, a instalação de turbinas de energia maremotriz pode perturbar essa circulação natural e o transporte de sedimentos. Esta interferência pode prejudicar habitats marinhos, reduzindo a dispersão de larvas de animais marinhos e de sementes e brotos de plantas aquáticas (ZHIXUE, ZHOUYANG, *et al.*, 2024).

Assim, as preocupações sobre o potencial de afetar o transporte de sedimentos, a qualidade dos habitats marinhos e, em última análise, a cadeia alimentar marinha deve ser considerada à medida que grandes conjuntos de marés são implantados nas zonas costeiras e estuarinas (ZHIXUE, ZHOUYANG, *et al.*, 2024).

Embora a intensidade dos impactos varie por local, na usina maremotriz de La Rance, eles foram mais significativos durante a construção, afetando temporariamente o fluxo do estuário. Após a construção, esses impactos diminuíram e o ecossistema do estuário alcançou um novo equilíbrio, sem prejudicar a pesca local (LEITE NETO, SAAVEDRA, *et al.*, 2011).

Considerando isso, é essencial conduzir avaliações de impacto ambiental abrangentes e implementar medidas de mitigação eficazes para garantir que a exploração da energia das marés seja ambientalmente sustentável.

3.2.4. Elevados custos de investimento em barragens

O investimento inicial em barragens de maré é significativo, tornando-se essencial otimizar os aspectos funcionais da usina para maximizar a produção de energia ao longo de sua vida útil. Entre os fatores cruciais a serem otimizados nas barragens de maré estão a quantidade de turbinas, o número e a largura das eclusas, a quantidade de bombas hidráulicas, bem como os diâmetros da ponta e do cubo das turbinas (NEGAHDARI, GHAEDI, *et al.*, 2023).

A implementação de projetos de energia das marés envolve custos substanciais, desde a pesquisa e desenvolvimento até a construção e instalação de dispositivos. Esses custos podem ser ainda mais acentuados no Brasil devido às condições específicas do ambiente marinho e à falta de infraestrutura existente para suportar a geração de energia das marés. A busca por financiamento adequado e estratégias de redução de custos é essencial para viabilizar os projetos.

A viabilidade econômica de usinas maremotrizes depende fortemente das outras fontes de energia disponíveis. Enquanto a energia maremotriz pode ser mais competitiva que a gerada por usinas a carvão, ela perde em competitividade em comparação com as hidrelétricas convencionais. Assim, o custo e a viabilidade da energia maremotriz variam entre países, influenciados pelas diferentes condições energéticas, sociais e ambientais (LEITE NETO, SAAVEDRA, *et al.*, 2011).

A fim de economizar a produção de eletricidade a partir de centrais de energia das marés do tipo barragem, é necessário reduzir o custo da eletricidade gerada por estas centrais elétricas com novos métodos e tecnologias.

3.3 Lições internacionais

Para superar os desafios mencionados, é possível olhar para experiências internacionais bem-sucedidas na obtenção de eletricidade a partir da energia das marés. Países como o Reino Unido, o Canadá e a França têm desenvolvido projetos de energia das marés que oferecem insights valiosos. Esses países enfrentaram desafios semelhantes e implementaram estratégias para superá-los (CONWAY, 1986; FISCH, 2016).

Uma abordagem que se destaca é a colaboração entre o setor público e o privado. Parcerias entre governos, instituições de pesquisa e empresas privadas têm impulsionado o desenvolvimento da energia das marés em diversos países. Além disso, a busca por financiamento internacional e investimentos estratégicos tem sido fundamental para viabilizar projetos de grande escala.

3.4 Estratégias para o futuro da energia das marés no Brasil

Diante dos desafios identificados e das lições aprendidas com experiências internacionais, é possível propor estratégias para o futuro da energia das marés no Brasil. Algumas medidas-chave incluem:

- **Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento:** A promoção de programas de pesquisa e desenvolvimento voltados para a energia das marés é fundamental para aprimorar a tecnologia e reduzir os custos. Instituições acadêmicas, centros de pesquisa e empresas devem colaborar nesse esforço.
- **Desenvolvimento de um Quadro Regulatório Específico:** O Brasil deve estabelecer regulamentações claras e específicas para a geração de eletricidade a partir das marés, fornecendo segurança jurídica para investidores e empreendedores.
- **Avaliações de Impacto Ambiental Rigorosas:** A realização de avaliações de impacto ambiental abrangentes e o desenvolvimento de planos de mitigação são essenciais para garantir a sustentabilidade ambiental dos projetos de energia das marés.
- **Parcerias Público-Privadas:** A colaboração entre o setor público e o privado é fundamental para atrair investimentos e impulsionar o crescimento do setor de energia das marés.
- **Busca de Financiamento Internacional:** O Brasil deve explorar oportunidades de financiamento internacional e parcerias com organismos financeiros globais para viabilizar projetos de grande escala.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia das marés é uma forma de energia renovável com várias vantagens, visto que é menos afetada pelas mudanças climáticas, ao contrário de outras fontes renováveis que são mais vulneráveis a variações climática, bem como não gera gases de efeito estufa, sendo assim mais amigável ao meio ambiente. A geração de energia maremotriz é contínua, tanto de dia quanto de noite, e as correntes marítimas são previsíveis e confiáveis. Isso torna a energia das marés mais estável do que outras fontes renováveis.

A energia das marés representa uma fonte promissora de energia renovável para o Brasil, dadas suas vastas extensões costeiras e o potencial previsível e confiável das marés. No entanto, para desbloquear seu pleno potencial, é imperativo enfrentar os desafios tecnológicos, regulatórios, ambientais e econômicos que atualmente limitam seu desenvolvimento, aprendendo com as experiências vivenciadas por outros países.

Por meio da pesquisa e da implementação de estratégias adequadas, o Brasil pode trilhar o caminho para uma exploração bem-sucedida da energia das marés, contribuindo para a diversificação de sua matriz energética e para a redução das emissões de gases de efeito estufa. À medida que o país avança na busca por soluções sustentáveis, a energia das marés pode desempenhar um papel vital na construção de um futuro energético mais limpo e resiliente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, que me concede vida, saúde e vontade de estudar e superar os desafios diários. Agradeço à Universidade Federal do ABC e ao professor Federico Bernadino Morante Trigoso pela oportunidade única que tive de estudar as energias renováveis das marés. Também agradeço aos meus familiares, que sempre me apoiam nos estudos.

REFERÊNCIAS

- CONWAY, A. Tidal power: a matter of faith, hope and policy. **Energy Policy**, 14, n. 6, Dezembro 1986. Pages 574-577.
- DREYER, S. J.; POLIS, H. J.; JENKINS, L. D. Changing Tides: Acceptability, support, and perceptions of tidal energy in the United States. **Energy Research & Social Science**, 29, Julho 2017. 72-83.
- FERREIRA, R. M. D. S. D. **Aproveitamento da energia das marés, estudo de caso: estuário do Bacanga, MA**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - COPPE. Rio de Janeiro. 2007.
- FISCH, J. G. Tidal Energy Law in Canada: Hindering an untapped potential for international primacy. **APPEAL**, 21, 2016.
- FLEMING, F. P. **Avaliação do Potencial de Energias Oceânicas no Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - COPPE. Rio de Janeiro. 2012.
- KHARE, V. et al. **Tidal Energy Systems: Design, Optimization and Control**. [S.l.]: Elsevier, 2019. 408 p.
- LEITE NETO, P. B. et al. Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. **Ingeniare. Revista chilena de ingeniería**, Arica, 19, n. 2, 2011.

- MUELLER, M. et al. Centers for Marine Renewable Energy in Europe and North America. **Oceanography**, 23, n. 2, Junho 2010.
- NEGAHDARI, M. R. et al. Optimal planning of the barrage type tidal power plants equipped to the hydro-pumps. **Electric Power Systems Research**, Julho 2023.
- OSU. Ocean Energy: Advantages/Benefits. **The Ohio State University**, 2023. Disponível em: <<https://u.osu.edu/engr2367publicdocument/currents-tides-2/benefits/>>. Acesso em: 10 Novembro 2023.
- PIACENTINI, P. Faltam estratégias no Brasil para gerar energia das marés. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 68, n. 3, Setembro 2016.
- PIOVANI, J. T.; TRIGOSO, F. B. M. **Uma visão prospectiva sobre o aproveitamento da energia das marés no litoral brasileiro**. VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza: [s.n.]. 2020.
- SANTOS, F. B. S.; MOREIRA, I. T. A. Viabilidade da maremotriz em algumas das regiões litorâneas do nordeste do Brasil. **Revista Eletrônica de Energia**, 5, n. 2, 2015. 71-78.
- SHETTY, C.; PRIYAM, A. A review on tidal energy technologies. **MaterialsToday:Proceedings**, Mumbai, 56, 2022. 2774-2779.
- VENNELL, R. Exceeding the Betz limit with tidal turbines. **Renewable Energy**, 55, 2013. 277-285.
- WRIGHT, G. Regulating wave and tidal energy: An industry perspective on the Scottish marine governance framework. **Marine Policy**, 65, Março 2016. 115-126.
- ZHIXUE, Y. et al. A review of tidal current power generation farm planning: Methodologies, characteristics and challenges. **Renewable Energy**, Janeiro 2024.

MAIN CHALLENGES FOR THE IMPLEMENTATION OF TIDAL ENERGY PROJECTS IN BRAZIL

Abstract: *Tidal energy, a form of renewable energy generated by the movement of tides, has been identified in various parts of the world as a potential solution to diversify the energy matrix and reduce dependence on fossil fuels. In the Brazilian context, despite its extensive coastline, the exploitation of this energy source remains incipient. While Brazil has made significant advances in other forms of renewable energy, such as solar and wind, tidal energy remains largely untapped. This study addresses the research question, "What are the main challenges hindering the expansion of electricity generation from tidal energy in Brazil?" It aims to understand these challenges, considering technological, environmental, economic, and regulatory aspects. Through an in-depth analysis, the study seeks not only to identify the challenges but also to propose ways to overcome them, drawing inspiration from international experiences and suggesting strategies tailored to the Brazilian scenario.*

Keywords: *Marine Renewable Energy, Tidal Energy, Expansion Challenges, Renewable Sources, Brazil.*

