

UM ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE FORÇA MAREMOTRIZ PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

*Roberto Carlos Costa de Souza Filho**

*Leonardo Magalhães Xavier Silva***

RESUMO

Com o passar das décadas, tornou-se cada vez mais atrativo a utilização de fontes de energia renovável, nas quais não se utilizam combustíveis fósseis, entre elas, a utilização de força maremotriz. Neste trabalho apresenta uma revisão bibliográfica para o uso e empreendimentos de energia maremotriz, visando conceitos e formas de aproveitamentos de energias pelo movimento das marés, detalhes de elementos de uma usina maremotriz e suas tecnologias, como modelos de turbinas e novas tecnologias apresentadas com o passar do tempo. Apresentações e ilustrações de usinas em funcionamentos no mundo, e alguns projetos já em desenvolvimento no Brasil. Além disso, alguns pontos importantes são destacados, como questões ambientais e econômicas. Por fim, abordamos questões de incentivos para investimentos futuros para criações de usinas maremotriz, assim, foram apresentadas visando tornar essa recente tecnologia uma fonte relevante na matriz energética mundial.

Palavras-chave: Energia renovável; Energia maremotriz; Movimento das marés; Usina maremotriz; Tecnologias.

ABSTRACT

Over the decades, the use of renewable energy sources has become increasingly attractive, in which fossil fuels are not used, among them, the use of tidal power. This paper presents a bibliographic review for the use and developments of tidal energy, aiming at concepts and ways of harnessing energy through the movement of the tides, details of elements of a tidal power plant and its technologies, such as turbine models and new technologies presented with the passing of time. Presentations and illustrations of plants in operation in the world, and some projects already under development in Brazil. In addition, some important points are highlighted, such as environmental and economic issues. Finally, we addressed questions of incentives for future investments for the creation of tidal power plants, thus, they were presented aiming to make this recent technology a relevant source in the world energy matrix.

Key words: Renewable energy; Tidal energy; Tidal movement; Tidal power plant; Technologies.

1 INTRODUÇÃO

Reconhece-se que nos últimos anos, cresceu a procura por fontes de energias renováveis, tanto por interesses econômicos, quanto por questões éticas e socioambientais, como a crise decorrente do aquecimento global e as alterações climáticas decorrentes desse aquecimento. Assim, uma das maiores discussões geradas atualmente é sobre o conflito gerado por mudanças climáticas, causando impactos catastróficos a geração atual e agravando para gerações futuras.

A energia elétrica está presente diariamente na vida das pessoas, sejam atividades diárias, meios de transportes ou até mesmo nas comunicações, assim sendo um item indispensável em nossas vidas (SILVA, 2010).

As fontes de energias renováveis são recursos com disponibilidade, acessibilidade e abundância, que são teoricamente "inesgotáveis". Dentre essas fontes uma das que tem sido menos explorada é a energia contida nos oceanos presentes na forma de energia maremotriz (SAVEDRA, 2016).

Visando atender a demanda por energias renováveis, tecnologias capazes de aproveitar a energia dos oceanos têm sido desenvolvidas nas últimas décadas. No entanto essas tecnologias têm sido pouco aplicadas, mesmo no Brasil onde a contribuição das fontes renováveis de energia apresenta uma contribuição significativa na matriz energética.

A ação das marés/oceanos é desenvolvida pela força dos ventos (solar) para as ondas, onde se apresenta em duas formas: pela energia cinética causada pelo movimento das marés ou simplesmente pela energia potencial, onde temos uma diferença de altura entre a maré baixa e a maré alta (SAVEDRA, 2016).

A energia maremotriz produz energia elétrica através da criação do movimento de ondulação das massas de água. Nosso país possui um grande território litorâneo, que potencialmente, poderia proporcionar diversos pontos para utilização dessa fonte.

Situações em que são convenientes para o aproveitamento desse modelo de energia, são na forma de criações de barragens, onde são instaladas turbinas, de modo a criar desníveis nas ondas tornando suficientemente para o acionamento das turbinas. Modo de produção de energia muito parecido com hidroelétricas convencionais (LEITE NETO et al, 2011).

Além da necessidade de criação de barragens, há sempre a questão da potência necessária para o funcionamento das turbinas, onde teoricamente, ondas de grandes amplitudes, são apropriadas para essa geração. Consequentemente, exigindo que a morfologia do local seja adequada, com condições geográficas que atendam esses critérios, onde se possa ter o represamento da água, criando um reservatório (LEITE NETO et al., 2011).

Infelizmente o Brasil não fornece uma topografia adequada, não favorecendo uma construção econômica de reservatórios para essas fontes. Algumas cidades apresentam amplitudes de ondas consideravelmente baixas, sendo insuficiente para produzir esse tipo de energia (LEITE NETO et al, 2011).

Por mais que essa produção de energia elétrica não cause diretamente um impacto ambiental (ponto positivo do ponto de vista socioambiental), deve-se cuidadosamente ter um planejamento da mesma, pois a construção e operação de uma usina desse porte pode causar impactos nas características naturais da região onde será construída. Podendo ocorrer também o deslocamento de pessoas que habitam o local (LEITE NETO et al, 2011).

Todos esses possíveis acontecimentos deverão ser observados no projeto a ser feito, pois pode causar efeitos diretos em seu ecossistema natural no local de sua construção (LEITE NETO et al, 2011).

No nosso contexto atual, apesar dessa fonte renovável apresentar um potencial global significativo, existem apenas alguns aproveitamentos comerciais dessa energia proveniente das ondas do mar, sendo assim totalizada uma potência pequena em relação as outras energias que temos acesso (LEITE NETO et al, 2011).

Essa energia apresenta um potencial gigantesco, podendo-se tirar do movimento das ondas, marés e até mesmo da diferença de temperatura do oceano, proporcionando mais energia do que necessário em anos no nosso país. Parece simples, mas não é. De acordo com a Agência nacional de Energia Elétrica-ANEEL, dados de 2018, a fonte com maior impacto na expansão na matriz elétrica no Brasil, representando 34% da potência total, continua sendo a fonte hídrica. Ao todo estão previstas 21 Usinas Hidrelétricas (UHE) com pouco mais de 8.600 MW e outras 156 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) totalizando 2.027 MW de potência (ANEEL, 2018).

O objetivo geral do presente artigo é estudar a energia maremotriz para aplicação na geração de energia elétrica, analisando as potencialidades desse modo de energia. Tem-se como objetivo específico realizar uma revisão sobre a energia maremotriz, visando alguns tópicos importantes como: principais tecnologias para geração de energia elétrica, analisar a potencialidade dessa energia no Brasil, levantar os principais gargalos na implementação dessa energia, analisar alguns fenômenos presentes nas marés e estudar os impactos ambientais do uso desse tipo de energia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia proveniente dos oceanos

Energias com geração proveniente dos oceanos podem ser prospectadas por diferentes formas, entre as principais estão presentes por meio das marés e das ondas (SAVEDRA, 2016).

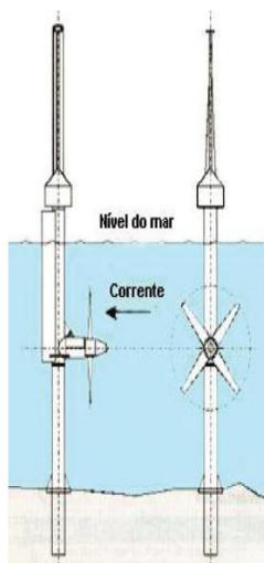
As marés são formadas pelo fenômeno de forças de atração do sol e da lua e pelo movimento de rotação da terra, aos quais fazem os típicos movimentos conhecidos de subir e descer as ondas. Gerados esses movimentos, tem-se o movimento vertical, o qual causa o movimento da maré até a costeira, assim conhecida como corrente marítima. Correntes que possuem periodicidade idênticas as oscilações verticais (MME, 2007).

Algumas restrições podem ser ressaltadas a esses movimentos constantes devido às características geográficas presentes, como baías e bacias hidrográficas, podendo dificultar o processo, tendo elevadas velocidades ou amplitudes altíssimas das marés (SAVEDRA, 2016).

"Pode ser destacada a possibilidade de abastecimento de comunidades remotas e isoladas, bases científicas e militares e aplicação para atividades pesqueiras e portuárias", diz Rafael Malheiro Ferreira, professor de hidráulica, hidrologia e engenharia portuária e costeira da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e pesquisador em engenharia oceânica pela Coppe/UFRJ (PIACENTINE, 2016).

Geração de energia elétrica utilizando de força maremotriz, podem apresentar turbinas similares às aquelas utilizadas na geração eólica, mostrado na figura 1.

Figura 1- Turbinas de aproveitamento de energia das correntes marinhas.



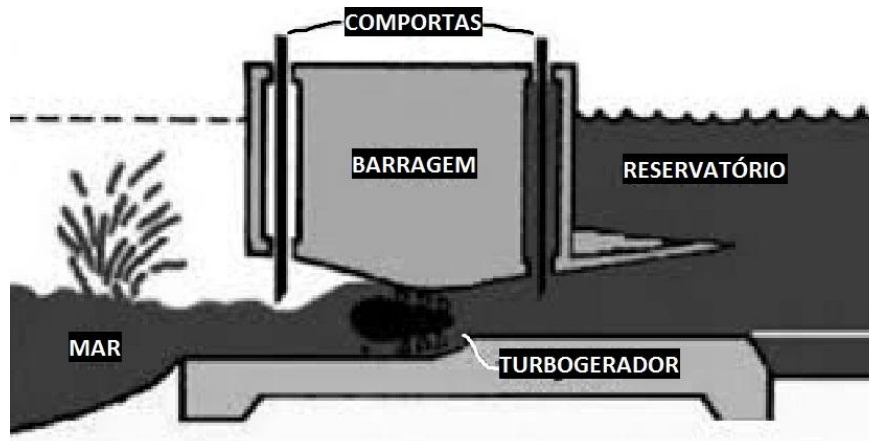
Fonte: MME (2007).

De acordo com MME (2007), o aproveitamento da energia potencial das marés, é feito conforme a construção de uma barragem contendo uma turbina e um gerador, assim, por meio de um reservatório junto ao mar pode ser feito de duas formas: na maré alta a água enche o reservatório, passando pela turbina produzindo energia e na maré baixa, o reservatório é esvaziado, assim a água passa novamente pelas turbinas, no sentido contrário ao da maré alta, dessa forma, gerando energia elétrica.

2.2 Elementos que compõem uma usina maremotriz

São caracterizados alguns componentes de uma usina maremotriz, desenhada da seguinte forma: barragem, turbogeradores, e possuindo um ou mais reservatórios. A figura 2 ilustra os principais elementos de uma usina maremotriz.

Figura 2- Desenho ilustrativo dos principais elementos de uma usina maremotriz.



Fonte: Adaptado de MASSOUD (2001).

2.2.1 Barragem e comportas

A construção de uma barragem talvez seja o principal ponto a ser analisado em um projeto de uma usina maremotriz, por se tratar de possíveis impactos causados às comunidades ao redor e destruição da fauna e flora do local.

O projeto de uma barragem de uma usina maremotriz, deve prever alguns fatores importantes, condições para não haver consequências futuras. A barragem deve prever efeitos, tais como o choque simultâneo de ondas em ambos os lados da barragem, sendo efeitos bastantes relevantes devido à bastante pressão entre elas (LEITE NETO et al, 2011).

As comportas de uma usina maremotriz estão entrelaçadas à barragem. Há de se ter em conta que a periodicidade de abertura estão atreladas ao tipo de maré e ao modo de operação da usina (LEITE NETO et al, 2011).

Fazendo uma pequena comparação com uma hidrelétrica convencional, onde as comportas são abertas de modo ao mantimento das ondas, em uma usina maremotriz, as comportas recebem uma grande demanda, ou seja, são acionadas com uma maior frequência. Por isso são necessárias a operação delas com rapidez e com bastante confiabilidade, de modo a evitar problemas operacionais e paradas para manutenção com frequência (LEITE NETO et al 2011).

Outro ponto bastante relevante, seria o local de instalação onde será implementado as comportas. Os constantes impactos das ondas e a corrosão podem ocasionar problemas. Assim, levando em consideração com o meio externo (LEITE NETO et al, 2011).

2.2.2 Reservatório

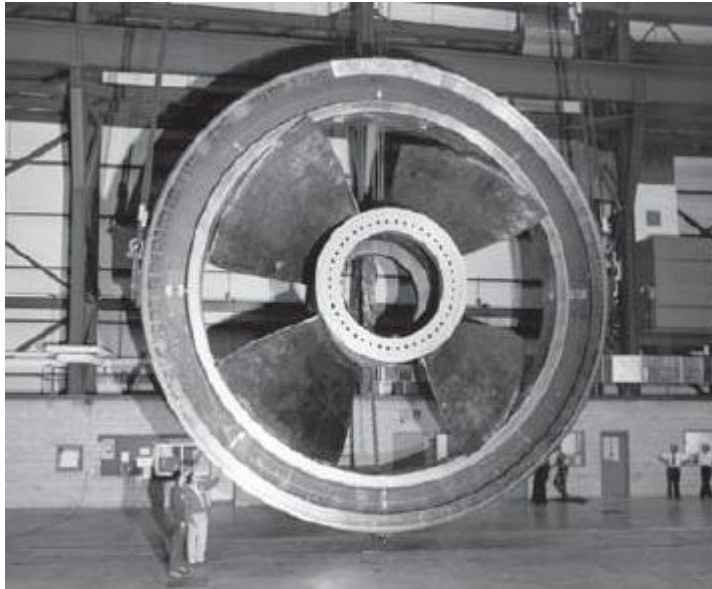
Os reservatórios em uma usina maremotriz tem como sua principal função armazenar a água, de consequência a gerar a queda d'água suficiente para geração de energia através dos turbogeradores. Esses tipos de reservatórios podem ser reentrâncias costeiras, enseadas, corpos de águas entre continentes e ilhas, ou estuários, que são os mais comuns encontrados (LEITE NETO et al, 2011).

Sempre visando a economia, as usinas maremotrizes podem conter mais de um reservatório, vai à depender do projeto, mas sempre o estudo da necessidade de cada projeto deve prevalecer, evitando gastos desnecessários, onde esse não é o objetivo. Propostas de múltiplos reservatórios estão em projetos para uma usina maremotriz no estuário de Severn, no Reino Unido, onde tem-se uma diferença de profundidade de 15 metros entre a maré baixa e a maré alta, por esse motivo, o estuário de Severn, teria capacidade de gerar uma enorme quantidade de energia (LEITE NETO et al, 2011).

2.3 Modelos de turbinas utilizadas em uma usina maremotriz

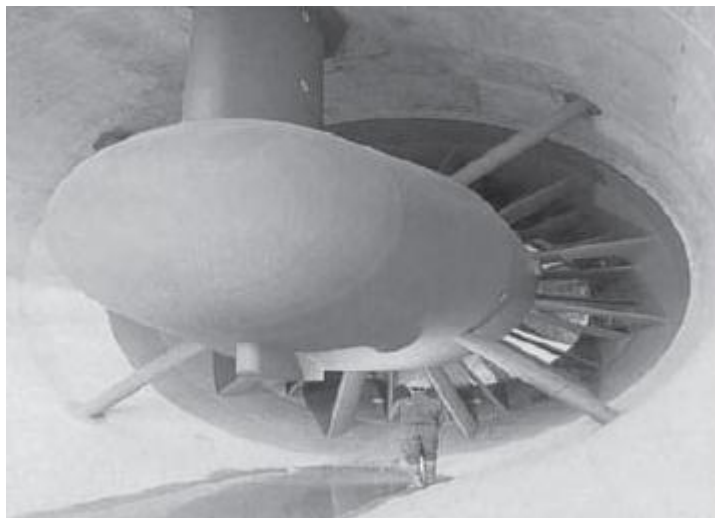
Os principais modelos utilizados para a conversão de uma usina maremotriz são as do tipo *Kaplan*, *Straflo* e as do tipo *Bulbo*. Na usina maremotriz de Annapolis Royal, no Canadá, é utilizada a turbina do tipo *Straflo*, ilustrada na figura 3. Outro exemplo a ser citado é usina maremotriz de La Rance, na França, onde é utilizada a turbina do modelo *Bulbo*, como ilustrada na figura 4.

Figura 3- Turbina do modelo *Straflo* utilizada na usina de Annapolis Royal, no Canadá.



Fonte: LEITE NETO et al (2011).

Figura 4- Turbina do modelo *Bulbo* utilizada em La Rance, na França.



Fonte: LEITE NETO et al (2011).

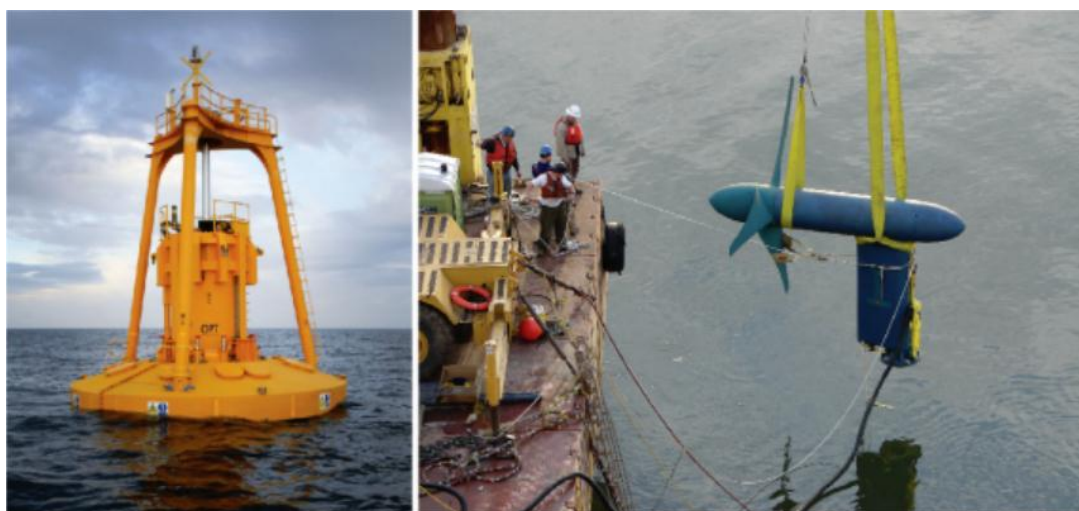
2.4 Funcionamento e suas tecnologias

Dentre as diferentes formas de aproveitamento de energia gerada por uma usina maremotriz, a mais comum seria através da construção de uma barragem, onde seu sistema de energia de maré aproveita entre maré baixa e maré alta, usando uma barragem para impedir a evacuação da água durante o tempo de vazante. Durante o intervalo de maré baixa a água por trás da barragem é liberada passando pelas turbinas, gerando energia elétrica (SELIN, 2019).

Esses sistemas de energias de correntes de marés, geralmente em localidades próximas a ilhas ou costas onde, certamente, as correntes são mais fortes, onde são essas correntes de marés que fazem acionar as turbinas. Essas turbinas podem ser instaladas como cercas de marés, nas quais são puxadas por um canal, ou aproveitadas como turbinas de marés, bastante parecidas com as convencionais turbinas eólicas (SELIN, 2019).

Tecnologias cada vez mais aprimoradas, desenvolvida com o passar do tempo, a energia hidrocínética que gera eletricidade, aproveitando as energias providas das ondas do mar, das marés e das correntes do rio, estão se desenvolvendo para uso comercial nos Estados Unidos. Por mais que o governo não investisse nessa tecnologia no país, os reguladores federais de 2012, desenvolveram licenças para dois projetos de energia hidrocínética para a produção de eletricidade com auxílio de bóias para o aproveitamento das ondas ancoradas na costa do Oregon e turbinas subaquáticas movidas pela corrente no East River da cidade de Nova Iorque (EIA, 2012). A figura 5, detalha as imagens dessa tecnologia.

Figura 5- Bóia de energia provida das ondas oceânicas na costa de Oregon (à esquerda); Turbina subaquática do East River de Nova Iorque (à direita).



Fonte: Ocean Power Technologies (à esquerda); Kris Unger/Verdant Power, Inc (à direita).

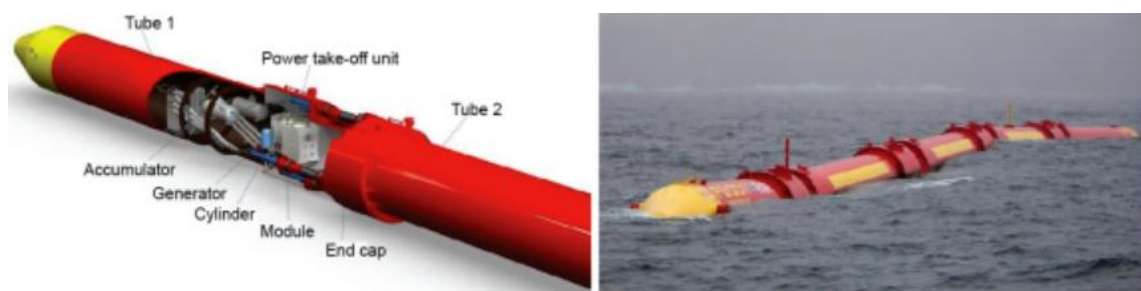
A energia hidrocínética ainda está em desenvolvimento nos Estados Unidos. Comparando aos outros tipos de combustíveis para geração de eletricidade, essa tecnologia se torna ainda bastante cara. Entretanto, afirma-se que para esse tipo de geração de energia, as correntes dos rios e das marés, se tornam mais previsíveis, as vezes conhecidas com meses de antecedência, por assim gerar eletricidade em comparação com outras fontes de energias intermitentes (EIA, 2012).

O funcionamento dessa tecnologia hidrocínética, é desenvolvida por bóias, retirando energia das ondas pelo movimento para cima e para baixo, transmitindo energia por um cabo subaquático à rede elétrica na terra. Onde tem-se além das bóias, as turbinas subaquáticas, onde a partir das correntes de água fazem girar suas lâminas, gerando assim, eletricidade (EIA, 2012).

Diferentemente das turbinas convencionais das hidrelétricas que dependem de barragens para direcionar o fluxo da água, a hidrocínética só depende das correntes das marés, ou seja, das ondas do mar. Assim, essas correntes aproveitam a água que corre na maré baixa e na maré alta, transformando as turbinas para gerar energia (EIA, 2012).

Diante da energia hidrocínéticas, que apresenta custos elevados, tem-se a tecnologia conhecida como “Serpente Marinha” de Pelamis, tecnologia essa a mais avançada internacionalmente. Uma máquina *offshore* composta por cinco seções de tubo que flutuam na superfície do oceano, assim, usando o movimento das ondas do mar para a geração de energia elétrica. A figura 6, ilustra detalhes dessa tecnologia. Funcionam da seguinte forma: de acordo com a movimentação das ondas, suas seções dos tubos flexionam os braços hidráulicos em direções opostas, dessa maneira, acionam um gerador que produz eletricidade. Essas cobras marinhas estão sendo testadas na Escócia e em Portugal (EIA, 2012).

Figura 6- Gerador serpente marinha para geração de energia elétrica.



Fonte: Pelamis Wave Power (2012).

2.5 Aproveitamento de energia provida dos oceanos no mundo

Apesar de o potencial energético mundial das marés ser de grande porte, até o presente momento poucos projetos de usinas maremotriz foram postos a execução. Entre elas, os principais projetos de referência colocados em práticas são: na França (La Rance), Rússia (KislayaGuba) e Canadá (Annapolis Royal), além também de alguns pequenos projetos colocados em prática na China (LEITE NETO et al, 2011).

Levando em conta as usinas maremotriz citadas, particularmente a usina de La Rance, na França, e a usina maremotriz de Annapolis Royal, no Canadá, embora exitosos, precisam levar em consideração pontos específicos no seu projeto em particular, a ser discutido para que seja melhorado e aperfeiçoado. Dentre os pontos que carecem de melhorias destacam-se: o desenvolvimento da operação, a comercialização da energia gerada e as estratégias de despacho, essas ainda pouco discutidas na literatura abordadas no tema (LEITE NETO, 2012).

Segundo informado por Fleming (2012), considerando-se uma avaliação de recursos de energia gerada pelos oceanos ainda encontra-se em uma fase introdutória, apesar disso já se sabe da existência de um potencial teórico para geração de energia através dos oceanos capaz de exceder todas as necessidades humanas (NASCIMENTO, 2017).

Considerando que a energia maremotriz seja uma energia promissora devido ao grande potencial global, mesmo assim, são poucos os locais onde se tem amplitudes de marés aproveitáveis a ponto de se obter resultados satisfatórios de geração de energia, além de outras condições geográficas a serem consideradas (LEITE NETO, 2012). Na figura 7 apresenta locais do planeta onde são relativamente adequados para essa geração de energia maremotriz.

Figura 7- Pontos principais do planeta para melhor aproveitamento das marés.



Fonte: FLEMING (2012).

De acordo com Chaliier (2003b), casos como construções de barragens, apresenta-se como a principal forma de aproveitamento para geração de energia elétrica, a diferença de altura da coluna d'água dentro e fora da barragem é utilizada para geração de energia. Neste caso das potencias geradas das diferenças de alturas de marés globais é estimado cerca de 3 TW, incluindo-se cerca de 1TW gerados em águas rasas (NASCIMENTO, 2017).

Estudos teóricos limitam o aproveitamento da energia provida dos mares a regiões onde as variações de maré se encontrem acima de 5 metros, conforme a figura 7.

A barragem de La Rance, na França, foi o primeiro projeto de energia gerada das ondas do mar em escala comercial no mundo, onde iniciou o estágio de construção em 1966. Segundo destaca Fleming (2012), a construção dessa usina levou seis anos, onde seu projeto destaca-se uma barragem de 750 metros de comprimento, sendo 390 metros ocupados pela própria usina. Sua turbina é a do modelo de *Kaplan*, contendo 24 delas de 10 MW cada, obtendo uma capacidade total de 240 MW (NASCIMENNTTO, 2017). A figura 8 exhibe a usina de La Rance, na França.

Figura 8- Usina maremotriz de La Rance, na França.



Fonte: MME (2007).

Destaca-se outro importante projeto notável de energia maremotriz no Canadá, a usina de Annapolis Royal, na Baía de Fundy, em funcionamento desde 1984. Ponto bastante curioso dessa usina, é que suas amplitudes de marés são as maiores do mundo, podendo alcançar 17 metros, mesmo assim a usina tem uma geração limitada de 20 MW, sendo bastante inferior a usina de La Rance, na França. Apresentado por Tavares (2005), a usina funciona com apenas uma turbina do modelo de *Straflo*, que apresenta um rendimento muito baixo, de apenas 17%, aproximadamente (NASCIMENTO, 2017). A figura 9 destaca a usina de Annapolis Royal, no Canadá.

Figura 9- Visão externa, foto aérea e corte transversal, respectivamente, da usina de Annapolis, Canadá.



Fonte: FLEMING (2012).

Em decorrência dos estudos da energia maremotriz serem relativamente recentes, essa modalidade de geração de energia não tem tido o destaque que vem sendo direcionado aos outros tipos de fontes renováveis como eólica, solar e hidráulica. Até o presente momento pouquíssimas usinas no mundo funcionam usando a energia maremotriz, mas aos poucos esse número vem crescendo (NASCIMENTO, 2017).

Uma usina superando a de La Rance, na França, com capacidade de produção em torno de 254 MW, sendo a maior usina maremotriz em operação no mundo, entrou em operação em 2011, a usina do lago Sihwa, localizada na Coreia do Sul (NASCIMENTO, 2017). A figura 10 mostra a imagem da usina do lago Sihwa.

Outras usinas de pequeno porte foram se destacando e entrando no cenário mundial em 2010, as barragens localizadas na Rússia e na China saíram de apenas um projeto para entrar em funcionamento (NASCIMENTO, 2017).

Figura 10- Usina maremotriz do lago Sihwa, na Coreia do Sul.

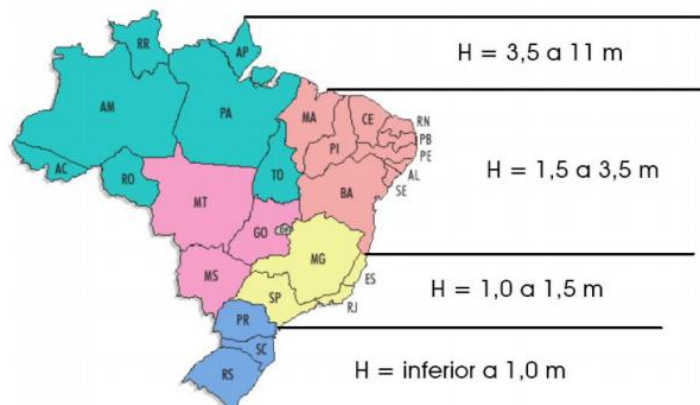


Fonte: FLEMING (2012).

2.6 Aproveitamento de energia provida dos oceanos no Brasil

Em se tratando de geração de energia elétrica pelas marés no Brasil, apenas algumas regiões do seu grande território litoral, atende ao critério de ondas superiores a 5 metros, são essas regiões o Norte e Nordeste. De acordo com Fleming (2012), um potencial de 6 metros no Maranhão e no Amapá, mas especificamente na estação de Santa Maria do Cocal, no Foz do Igarapé, com potencial de 8 metros e na estação do Igarapé do Inferno, na ilha de Maracá, com variações de até 11 metros (NASCIMENTO 2017). A figura 11 apresenta as regiões com suas variações médias de alturas das marés no litoral brasileiro.

Figura 11- Alturas médias das marés no litoral brasileiro.



Fonte: SAVEDRA (2016).

Conforme indicado por Savedra (2016), na década de 1970, visando aproximar São Luiz e o porto de Itaqui, no Maranhão, foi construída uma barragem no estuário de Bacanga. Nestas décadas, foram estudadas várias formas para geração de energia elétrica, considerando que a altura estimada de suas marés fossem de até 6,5 metros de altura (NASCIMENTO, 2017).

Apesar das condições promissoras (inclusive ocupações urbanas na região projetada), o projeto em Bacanga não avançou por uma série de questões técnico-econômicas, além de uma criação de uma avenida que ficaria ao redor do reservatório. Com todos esses detalhes ficou prescrito uma cota máxima para preservação do controle da barragem, onde ficou bastante inferior do previsto inicialmente no início do projeto, apresentando, assim, uma geração de eletricidade bem inferior a estimativa inicial (NASCIMENTO, 2017).

Existem intervenção para criação de uma usina piloto no estuário de Bacanga, mesmo tendo em concepção da redução da geração de energia da mesma, para estudos de pesquisa, com finalidades de se obter conhecimentos para serem aplicados futuramente em outras regiões do Brasil com verdadeiros potenciais significante (NASCIMENTO, 2017).

Tendo em vista os pontos anteriores, onde percebe-se que o Brasil não apresenta geograficamente/morfológicamente relevos e formações adequados para esse tipo de energia, quando comparado a outros lugares do mundo, como a costa oeste da América do Norte, extremo sul do continente americano e da Europa.

Sesmil (2013), afirma que pode ser viável economicamente os projetos para utilização dessa tecnologia no Brasil, deve-se ser estudado com cautela e análise, o mapeamento das regiões a serem trabalhadas (NASCIMENTO, 2017).

No porto de Pecém, localizado no Ceará a 60 km de Fortaleza, está localizado o único projeto piloto de utilização de energia do movimento das ondas no Brasil. Esse projeto foi desenvolvido pela COPPE, órgão vinculado a UFRJ, e possui duas unidades geradoras de 50 kW de potência cada (NASCIMENTO, 2017). A figura 12 mostra detalhes deste projeto.

Em consideração a parte econômica, os projetos de aproveitamento de energia através das ondas do mar no Brasil, em especial a usina piloto de Pecém, relata retorno financeiro negativo, conforme Martín (2012), resultando num baixo interesse comercial a respeito dos projetos com sua tecnologia, pelo elevado custo de implantação (NASCIMENTO, 2017).

Figura 12- Projeto piloto de geração de energia elétrica através das ondas do mar no Porto de Pecém, Ceará.



Fonte: FLEMING (2012).

Alguns pontos devem ser computados para justificar a carência desse tipo de energia no Brasil, além de ser desfavoráveis as amplitudes das ondas em relação as outras partes do mundo, são as questões econômicas para sua construção, tendo em vista o elevado custo do material usado nessa tecnologia. Um ponto que impacta

profundamente os custos desse tipo de projeto está associado à maresia e à oxidação associada a sua presença, tendo isso como desvantagens para implementação desse tipo de usina, como citado, deve ser estudado esse tipo de projeto com toda cautela.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os oceanos apresentam um potencial energético enorme, que pode ser explorado de diversas formas, dentre as principais o estudo para geração de energia elétrica. Entre as tantas formas citadas, a mais conhecida e utilizada, é a transformação de energia potencial em energia elétrica, mesmo tendo poucos projetos instalados e em funcionamento no mundo.

Grandes preocupações com as gerações futuras, como as mudanças climáticas, por exemplo, as energias renováveis ganham grande espaço na atualidade, dessa maneira entra todo o conceito estudado sobre energia maremotriz, onde sabe-se que esta recente tecnologia para geração de eletricidade é famosa por causar poucos impactos ambientais. No entanto, a construção das barragens demanda estudos cuidadosos, pois é uma etapa que pode causar impactos irreversíveis a região de implementação do projeto.

Com todas as vantagens apresentadas em uma usina maremotriz, mesmo assim ainda é pouquíssima utilizada no mundo, contando com apenas alguns projetos em desenvolvimento, em comparação as outras usinas, como as eólicas e solar. Para avançar com o aproveitamento dessa energia gerada através das ondas do mar, deve-se essencialmente apostar e investir em pesquisas de maneira a reconhecer os potenciais de aproveitamento dessa fonte, de forma a reduzir os custos de implantação do projeto.

No Brasil, a escassez de pesquisas e o desconhecimento do seu grande potencial, assim como a carência de tecnologia pela falta de investimento, torna a energia maremotriz uma forma de geração de energia que não compacta na matriz energética nacional.

Portanto, com o surgimento de novas tecnologias, investimentos, com a maturidade de uma tecnologia já usada em alguns lugares do mundo, e inúmeras partes do planeta adequados e inexploráveis, torna-a uma energia de cunho renovável com bastante potencial para atender as demandas futuras para que possa ser utilizada intensamente e se tornar uma parcela significativa na matriz energética global.

REFERÊNCIAS

- ANEEL, **Relatório de acompanhamento da implantação de empreendimentos de geração**. Nº 11, Março, 2018.
- CHARLIER, R. H. **Sustainable co-generation from the tides: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2003.
- EIA, **Reguladores aprovam primeiros projetos hidrocinéticos comerciais nos Estados Unidos**. Today in energy, Outubro, 2012.
- FERREIRA, R. M. S. A. **Aproveitamento da energia das marés. Estudo de caso: Estuário do Bacanga, MA**, 2007, Dissertação de mestrado.
- FLEMING, F. P. **Avaliação do Potencial de Energias Oceânicas no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE), 2012.
- LEITE NETO, P. B. et al. **Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências**. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, v. 19, n. 2, p. 219-232, agosto 2011.
- LEITE NETO, P. B. **Otimização da geração de eletricidade a partir de fonte maremotriz**. São Luís: Centro de Ciências Exatas e Tecnologias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2012.
- MASSOUD, SH. AMER, M. SAMIR, M. **Tidal Power Generation Systems**, 2001.
- MME (Ministério de Minas e Energia). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME, 2007.
- NASCIMENTO, R. L. **Aproveitamento da energia dos oceanos para produção de eletricidade**. Estudo técnico. Câmara dos deputados, Março, 2017.
- PIACENTINI, P. **Faltam estratégias no Brasil para gerar energia das marés**. *Cienc. Culto*. São Paulo, v. 68, n. 3, p. 11-13, setembro de 2016.
- SAVEDRA, O. R. **Potencial Energético do Maranhão: Energias Oceânicas**. São Luis: Universidade Federal do Maranhão, 2016.
- SELIN, N. E. **Potência das mares**. Encyclopaedia Britannica, inc, abril 2019.
- SESMIL, E. L. F. **Energia Maremotriz: Impactos Ambientais e Viabilidade Econômica no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013.
- SILVA, E. P. da. **Fontes renováveis de energia: produção de energia para um desenvolvimento sustentável**, Ennio Peres da Silva. -1. Ed. -São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- SILVA, M. da. **Fontes alternativas de energias, concebendo um produto capaz de gerar e de reduzir o consumo elétrico residencial**. 2010. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Design – Habilitação Projeto de Produto) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2010.
- TAVARES, M. W. **Produção de Eletricidade a partir da energia maremotriz**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2005.