

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

A ENERGIA MARÉMOTRIZ E SUA PERSPECTIVA DE OPORTUNIDADE NO ESTADO DO PARÁ¹

MAYKE FEITOSA PROGÊNIO², RAIMUNDO NOVATO DA SILVA BARBOSA
JUNIOR², MARCELO JOSE RAIOL SOUZA³

¹Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2017.

²Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará.
maykefeitosa@gmail.com, jr8barbosa@gmail.com

³Professor Adjunto III do Departamento de Tecnologia e Recursos Naturais do Centre de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará. mraiol@yahoo.com.br

Resumo

No presente trabalho foi desenvolvido um algoritmo de seleção de amplitude de médias de marés maiores ou igual a dois metros que mostra quais os municípios do estado do Pará são mais promissores ao aproveitamento de energia eletromarémotriz. Dados da Fundação de Estudos do Mar sobre baixa-mares e preamares dos municípios da zona costeira paraense, juntamente, com aplicação do algoritmo mostraram que os municípios de Bragança, Salinópolis, Viseu, Curuçá, Colares, Afuá, São Caetano de Odivelas, Belém, Soure e Chaves possuem potencial de aproveitamento eletromarémotriz. O algoritmo também selecionou amplitude média relevante para o município de Cametá, que embora não pertença a zona costeira paraense sofre influência de maré e apresentou maré média acima de dois metros, que o posiciona também como potencial no aproveitamento eletromarémotriz.

Palavras-chaves: Energia, algoritmo, eletromarémotriz

The tidal energy and your opportunity to view the state of Pará

Abstract

In this work we developed a tidal amplitude averages selection algorithm greater than or equal to two meters showing which municipalities of the state of Pará are most promising to tidal power energy use. Data Sea Studies Foundation on low tides and high tides of the municipalities of Pará coastal zone, along with algorithm application showed that the municipalities of Bragança, Salinópolis, Viseu, Curuçá, Colares, Afua, São Caetano de Odivelas, Belém, Soure and Chaves have potential tidal power energy use. The algorithm also selected a relevant average amplitude for the municipality of Cametá, although that does not belong to Pará coastal area is influenced by tide and averaged tide above two meters, that also stands as the potential tidal power energy use

Keywords: Energy, algorithm, tidal power energy

Introdução

As marés são oscilações rítmicas do nível do mar, causadas pela atração gravitacional do sol e da lua e rotação da Terra, e, eventualmente, por eventos meteorológicos. A onda de maré transporta consigo grande quantidade de energia, sendo potencialmente uma fonte de energia para as atividades humanas. A conversão da energia das marés para uso humano é muito antiga, havendo relatos da época romana sobre sua utilização para a moagem de grãos. Os aproveitamentos mais comuns das oscilações de marés têm como objetivo a conversão da energia hidráulica em energia elétrica (FERREIRA, 2007).

A energia proveniente das marés é obtida, principalmente, pelo aproveitamento das variações das energias potencial ou cinética, produzidas por ciclos diários ocorridos a cada 12 h e 25 min na maior parte do globo. Estes ciclos determinam um nível do mar baixo e outro alto, chamado respectivamente de baixa-mar e preamar. O intervalo de tempo de 12 h e 25 min classifica a maré como diurna. Porém existem outras classificações também importantes no estudo de marés: as marés semidiurnas com duração de aproximadamente 6 h entre preamar e baixa-mar e marés mistas que possuem características diurnas e semidiurnas, havendo dificuldades no cálculo do intervalo de tempo entre preamar e baixa-mar. Em condições geométricas específicas entre o planeta Terra, o Sol e a Lua, a maré é classificada em sizígia e quadratura, ou seja, a maré é de sizígia quando há um alinhamento de 180° entre

Terra, Sol e a Lua e de quadratura quando a Lua, Terra e Sol formam um ângulo de 90° . As marés de sizígia e quadratura ocorrem algumas vezes ao mês, sendo que a maré de sizígia apresenta a maior amplitude que a maré de quadratura. Existem pontos aonde a altura do nível do mar durante a preamar chegam a aproximados 16 m, como por exemplo, na costa europeia do Atlântico, no estuário do Rio Severn – Grã-Bretanha (MACINTYRE, 1983). Na figura 1 é apresentado um mapa com os principais locais apropriados para o aproveitamento de energia marémotriz no mundo.

Figura 1 - Locais apropriados ao aproveitamento de energia marémotriz, com alturas de maré superior a 5 m.



Fonte: FERREIRA, 2007

Segundo Ferreira (2009) ao redor do mundo, aproximadamente 3 TW de potência são disponibilizados pelas marés. Entretanto, devido a dispersão de energia em mar aberto, poucos locais possuem alturas de marés adequadas ao aproveitamento energético, estima-se que somente 2% a 10% podem ser convertidos em energia. Os principais parâmetros para o aproveitamento da energia das marés são alturas de maré em locais favoráveis aos trabalhos de engenharia e proximidade do mercado consumidor de eletricidade (CHARLIER, 2003).

Existem poucos lugares adequados no mundo para a exploração da energia potencial das marés. O principal fator condicionante é a altura da maré na preamar, relativamente baixa, quando comparada as grandes usinas hidroelétricas. Alguns exemplos de usinas existentes no mundo, tanto de caráter experimental quanto comercial: La Rance de 240 MW na França, Annapolis de 20 MW no Canadá, Jiangxia de 3,2 MW e Kislaya de 0,4 MW na Rússia. Recentemente, com o desenvolvimento da tecnologia de turbinas de baixa queda, muitos outros locais podem ser interessantes para o aproveitamento da energia das marés (CHARLIER, 2003).

No Brasil a compartimentação do litoral mais utilizada é proposta por Silveira (1964). Essa compartimentação divide a costa brasileira em cinco grandes regiões geográficas e dezenove macro-compartimentos. As cinco Regiões são: Litoral Norte, Litoral Nordeste, Litoral Leste ou Oriental, Litoral Sudeste e Litoral Sul.

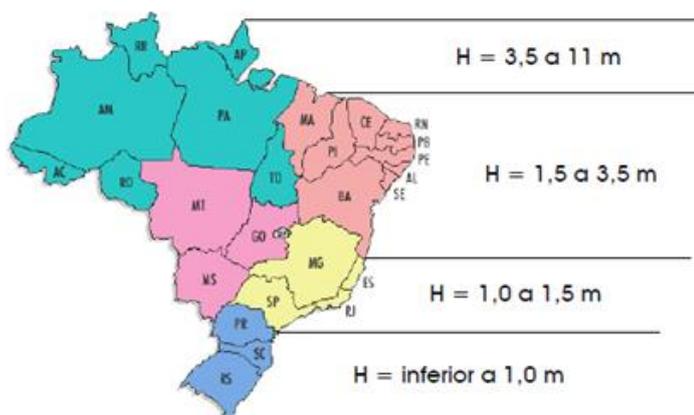
A Zona Costeira brasileira, segundo Silveira (1964) está geograficamente situada com seu limite ao norte no Cabo Orange, no Amapá e ao sul na Barra do Chuí, no Rio Grande do Sul. No Brasil, existem possibilidades de aproveitamento eletromarémotriz no Amapá, Pará e Maranhão, onde são observadas as maiores amplitudes de maré em território nacional (ELETROBRAS, 1981).

As marés do litoral norte brasileiro possuem grande amplitude, como também possuem caráter semidiurna com desigualdades diurnas desprezíveis. Outro importante aspecto, sobre os movimentos dos mares brasileiros, é o fato de que a influência dos fenômenos meteorológicos ocorre com maior intensidade no sul, perdendo intensidade no sentido norte. Por conseguinte, as marés nas regiões Norte e Nordeste são, predominantemente, astronômicas, sendo pequena a contribuição da maré meteorológica. Esta última característica garante que as marés ocorridas fiquem bem próximas das previstas. (FERREIRA, 2007).

Segundo a classificação proposta por Davies (1964), que avalia os efeitos induzidos pela maré em um estuário, devido à sua amplitude; a ocorrência de marés nas regiões brasileiras pode ser definida como: macromaré (> 6 m), na região norte (AP, PA e MA), mesomaré (2 a 4 m), na região Nordeste (excetuando o MA) e micromaré (< 2 m), na região sudeste e sul. A figura 2 apresenta as variações de maré nas regiões brasileiras.

O conceito mais geral de Zona Costeira pode ser entendido como faixa de terra emersa com influência do mar. Este conceito entende esta zona como área de contato entre o continente e o oceano, ou seja, sofre influência diária dos agentes e processos marinhos e continentais (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Figura 2 – Valores de variação da maré no litoral brasileiro

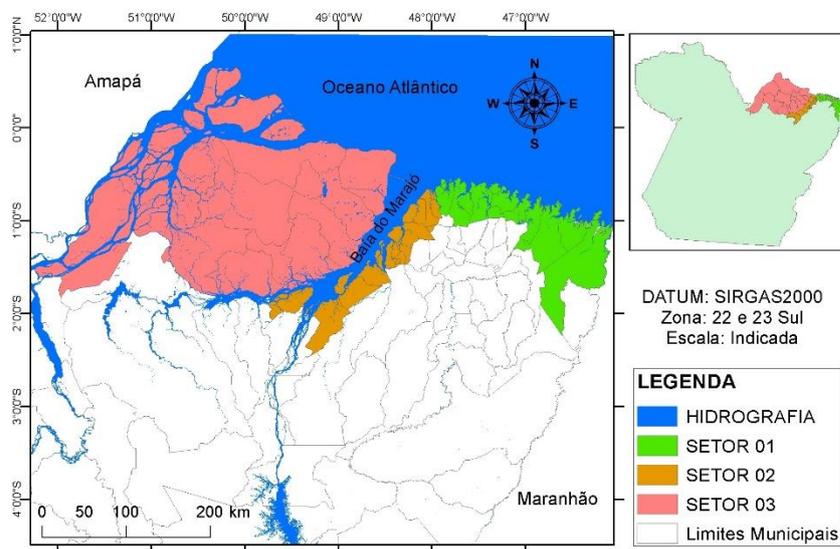


Fonte: FERREIRA, 2007

A Zona Costeira Amazônica (ZCA), na qual o litoral paraense está inserido, faz parte do contexto das regiões tropicais do planeta, que se estendem da linha do Equador até cerca de 15° para Norte e para Sul. A ZCA está geograficamente situada entre a Ponta de Tubarão, no Maranhão (4° S, 43° W) e o cabo Orange, Amapá (5° N, 51° W); possui aproximadamente 2.250 km de extensão, excluindo as reentrâncias do litoral e as ilhas (SOUZA FILHO, 2000).

O Litoral Norte, onde está localizada a área de estudo do presente trabalho, está subdividida em três macros compartimentos: o litoral do Amapá, o litoral do golfo Amazônico e o litoral de “rias” (BARBOSA E PINTO, 1973) ou das reentrâncias Pará-Maranhão (MUEHE, 2003).

Figura 3 - Mapa de localização dos municípios na zona costeira do Estado do Pará e seus setores 1 (Costa Atlântica do Salgado Paraense), 2 (Continental Estuarino) e 3 (Insular Estuarino).



A Zona Costeira Paraense (ZCP) é composta legalmente por 40 municípios (Lei Federal n. 7.661/88; Decreto n. 5.300/2004) distribuídos em três setores: setor 1 (Costa Atlântica do Salgado Paraense); setor 2 (Continental Estuarino) e setor 3 (Insular Estuarino) (Figura 3). O setor 1 está localizado em uma unidade morfoestrutural de “rias” (BARBOSA e PINTO, 1973). Salienta-se que este setor fez parte de um estudo realizado pela ELETROBRAS (1981) entre os anos de 1979 e 1980, onde um inventário preliminar constatou a existência de alturas de marés variando entre 3,7 e 8,0 m com potências superiores a 60 MW, alcançando 5 GW ao longo da costa norte do país.

Diante da potencialidade levantada para a conversão de energia potencial da maré em energia secundária (mecânica e/ou elétrica) na costa norte do Brasil, este trabalho objetiva contribuir com um estudo sobre altura de maré promissora para aproveitamento eletromarémotriz de baixa queda no estado do Pará. Os três setores que compõem a costa paraense serão estudados com auxílio de um algoritmo que utiliza as amplitudes de maré como variável de entrada. Municípios que não fazem parte da costa, mas são influenciados pelas marés, também serão analisados com objetivo de descobrir potencial eletromarémotriz.

Material e Métodos

Para este trabalho, o primeiro método utilizado foi a pesquisa em livros, dissertações, teses, artigos e demais publicações científicas pertinentes ao tema, com objetivo de construir embasamento teórico sobre níveis de preamar e baixa-mar alcançados em instalações operacionais instaladas no planeta, isto determinará a altura de maré a ser escolhida como referência para comparação com as marés verificadas na costa paraense. A internet também foi utilizada para consultar no site da FEMAR (Fundação de Estudos do Mar) (www.fundacaofemar.org.br/biblioteca) os dados conjuntos de alturas de marés das estações maregráficas dos estados do Pará e Amapá.

O software livre QUANTUM GIS 1.8 foi utilizado para a construção de mapas da hidrografia da região em estudo.

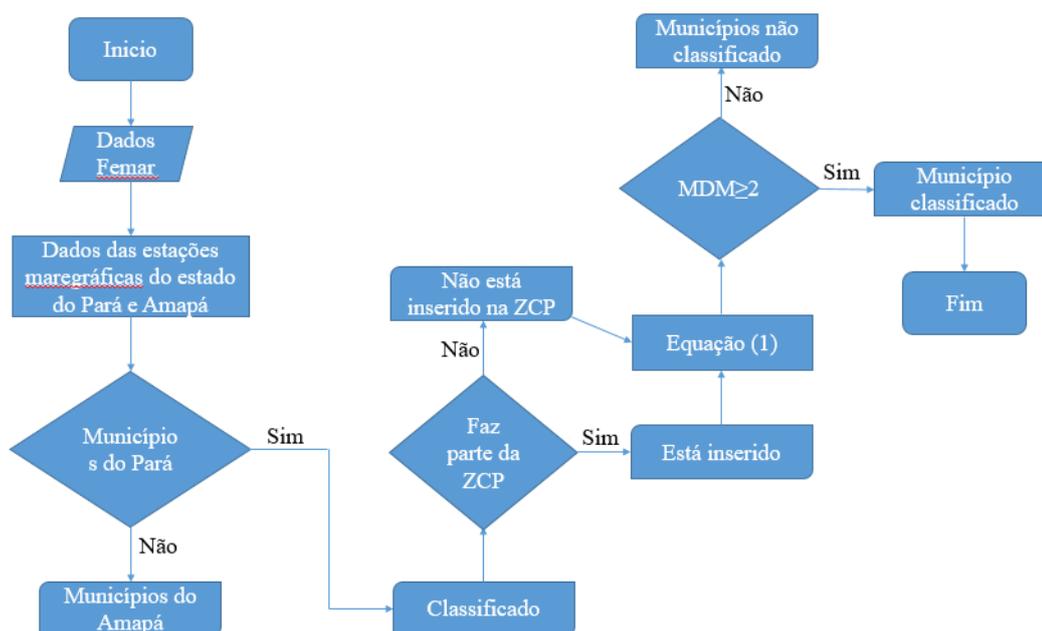
Os municípios paraenses a serem estudados serão classificados de acordo com suas respectivas amplitudes de maré astronômica alcançada, sendo que, será dado destaque àquelas que apresentarem média de marés (MDM) ≥ 2 metros, pois existem pequenas instalações eletromarémotrizas e micro centrais hidrelétricas em operação no planeta com viabilidade técnica, cuja altura de queda nominal (h) situa-se na faixa de $h \geq 2$ m, conforme pode ser visto na tabela 1. Este critério é usado como tomada de decisão para avaliar apenas as cidades com os maiores potenciais de disponibilidade de energia potencial gravitacional. Porém, as cidades com $MDM < 2$ metros também podem ser analisadas, pois ainda apresentam potencial energético, como exemplo o aproveitamento de energia cinética da maré. Convém reforçar que o objetivo do presente trabalho é analisar apenas as cidades com $MDM \geq 2$ metros. Os municípios foram classificados de acordo com o uso de um algoritmo desenvolvido neste trabalho e mostrado na figura 4.

Tabela 1-Locais de aproveitamento marémotriz e micro centrais hidrelétricas de baixa queda.

Local	Queda nominal líquida (m)	Potência Total (kW)	Ano de início da operação	Nome do corpo hídrico
Montbrun - França	2,04	293	2012	Lot
La Prétière - França	2,40	260	2013	Doubs
Capdenac - França	2,04	293	2012	Lot
Givet - França	2,5	1000	2013	Meuse
Graben Kempten Bavaria - Alemanha	2,21	890	2013	Iller
Minoterie - França	2,28	233	2012	Corrèze
Larche - França	2,10	686	2014	Vézère
Isola Dovarese - Itália	2,51	928	2012	Oglio
São Gery - França	2,6	261	2011	Lot
MoulinOger - Montflours - França	2,04	178	2010	Mayenne
Terrasson - França	2,57	896	2010	Vezere
Saint Jean sur Mayenne - França	2,01	176	2010	Mayenne
MoulinCorcu Martignésur - França	2,16	198	2010	Mayenne
La Nourrière SACE - França	2	176	2009	Mayenne
Moncey - França	2,11	414	2009	Ognon
Millau - França	2,38	430	2009	Tarn

Fonte: MICRO TURBINES IN THE WORLD, 2011

Figura 4 - Fluxograma básico para classificação dos locais possíveis para aproveitamento marémotriz.



Segundo Bezerra Neto et al. (2012) define-se a altura média de maré (MDM), como a média entre as preamares das marés de sizígia e quadratura, menos a média entre baixa-mares das marés também de quadratura e sizígia, conforme a equação 1.

$$\text{MDM} = \frac{\text{MHWS} + \text{MHWN}}{2} - \frac{\text{MLWS} + \text{MLWN}}{2} \quad (1)$$

Onde MHWS é a média aritmética das preamares de sizígia, MHWN é a média aritmética das preamares de quadratura, MLWS é a média aritmética das baixa-mares de sizígia, MLWN a média aritmética das baixa-mares de quadratura.

Segundo o site www.vlh-turbine.com (acesso em 08 de Julho de 2016), estima-se que a potência instalada em pequenos aproveitamentos que utilizam turbinas hidráulicas de baixa queda seja aproximadamente 7.312 KW, este valor mostra a importância de não desprezar os pequenos aproveitamentos hidráulicos e motivam o estudo de locais com baixa amplitude de maré que podem usar turbinas de baixa queda. Os pequenos aproveitamentos separados se mostram pouco promissores, porém, juntos podem contribuir de maneira significativa na produção de energia elétrica, podendo se equiparar a geração de uma usina marémotriz de grande porte.

Resultados e discussão

Toda a Zona Costeira Paraense (ZCP) é influenciada pelas macromarés semidiurnas com amplitude de 5,2 m no setor 1, e mesomarés semidiurnas nos setores 2 e 3 com amplitude de 3,65 m (EL-ROBRINI et al., 2006). Os três setores da ZCP são constituídos por 40 municípios, porém somente 15 estão presentes no banco de dados da FEMAR (2000). Os dados referentes as ocorrências de baixa-mares e preamares nestes municípios foram tratados e introduzidos na equação (1) e os seguintes resultados foram obtidos e tabelados, conforme mostrado na tabela 2.

Tabela 2 – Média de amplitudes de maré dos municípios da ZCP.

Municípios	Nome da estação	MHWS (m)	MLWS (m)	MHWN (m)	MLWN (m)	MDM (m)
Setor 1						
Bragança	Boiucucanga	5,37	0,50	4,27	1,60	3,77
Salinópolis	Salinópolis	5,03	0,46	3,91	1,58	3,45
Viseu	Viseu	4,96	0,43	3,90	1,49	3,47
Curuçá	Ilha dos guarás (Ponta da Romana)	3,65	0,52	3,14	1,03	2,62
Setor 2						
São Caetano de Odivelas	Ponta taipu	4,60	0,51	3,67	1,44	3,16
Barcarena	Barcarena	3,53	0,30	0,84	0,99	1,54
Belém	Cia de pesca pina	3,65	0,37	2,90	1,12	2,53
Colares	Colares	3,31	0,18	2,42	1,06	2,245
Setor 3						
Soure	Soure	4,29	0,43	3,45	1,26	3,025
Chaves	Ilha das pacas	4,18	0,40	3,40	1,18	3
Afuá	Canivete	3,23	0,27	2,70	0,81	2,425
São Sebastião da Boa Vista	Ponta negra	2,37	0,25	2,29	0,88	1,765
Gurupá	Gurupá	1,90	0,17	1,61	0,47	1,435
Breves	Portusil	1,80	0,18	1,50	0,48	1,32
Curralinho	Curralinho	1,42	0,09	1,17	0,33	1,085

Observando a tabela 2 nota-se que os municípios do setor 1 se destacam por apresentarem média de marés, fortemente, influenciadas pelas macromarés semidiurnas. Logo, dos 13 municípios que compõem esse setor, apenas Bragança, Salinópolis, Viseu e Curuçá estão presentes no banco de dados da FEMAR (2000), o que viabilizou o cálculo da MDM. Porém isto não reflete a realidade do setor 1, pois existem outros municípios que não foram avaliados devido a falta de dados e que podem apresentar configurações de níveis de maré que permitam análises de aproveitamento energético. Os setores 2 e 3 também merecem destaque, pois apresentam alguns municípios com MDM influenciados por mesomarés. Desta maneira, aplicando o algoritmo de classificação desenvolvido no presente trabalho, os municípios que apresentaram $MDM \geq 2$ m são: Bragança, Salinópolis, Viseu, Curuçá, Colares, Afuá, São Caetano de Odivelas, Belém, Soure e Chaves; que os torna em primeira análise potenciais de aproveitamento eletromarémotriz. Ainda em relação aos dados da FEMAR (2000), salienta-se que alguns municípios do quadro 2 apresentam mais de uma estação maregráfica, logo, se considerou a estação maregráfica que possuía maior MDM. Vale ressaltar a importância de um estudo mais detalhado de cada município para que possa identificar estuários favoráveis e levar em consideração os fatores que implicam no aumento ou diminuição da amplitude de maré.

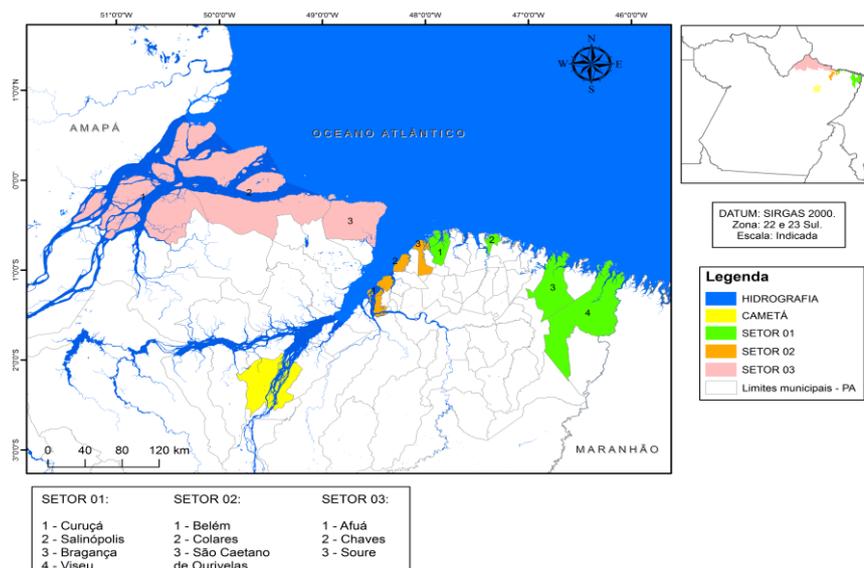
Ao se afastar da costa a amplitude de maré tende a diminuir, por esta sofrer influência direta de maior vazão de rios, como pode se notar nos três municípios da tabela 3. Há dados presentes no documento da FEMAR (2000) sobre municípios que não fazem parte da zona costeira paraense, no entanto, apresentam potencial de exploração de energia potencial gravitacional devido às proximidades da ZCP. Na tabela 3 é apresentado tais municípios, onde destaca-se o município de Cametá, que de acordo com o algoritmo de classificação desenvolvido no presente trabalho apresentou potencial de exploração marémotriz, pois segundo os cálculos realizados obteve-se um $MDM = 2,21$ m. Logo, foi criado um mapa com a localização dos municípios selecionados pelo algoritmo, como visto na figura 5.

Vale ressaltar que em certos cursos de água tais como ribeirões, próximos a regiões costeiras e que são afluentes de rios maiores, que por sua vez deságuam no mar, podem sofrer influência direta da ação de refluxos de maré. O fenômeno pode se mostrar desprezível em condições de maior vazão, porém o mesmo pode se tornar perceptível em condições de baixa vazão (HOLDEFER E SEVERO, 2015). Este fenômeno é bastante comum em lugares onde o efeito da maré atinge grande distância continente adentro.

Tabela 3 – Média de amplitudes de maré dos municípios que não fazem parte da ZCP.

Municípios	Estação	MHWS (m)	MLWS (m)	MHWN (m)	MLWN (m)	MDM (m)
Cametá	Cametá	3,03	0,31	2,52	0,82	2,21
Melgaço	São José do Tajupuru	1,78	0,14	1,57	0,35	1,43
Vitória do Jari	Munguba	1,18	0,10	1,01	0,26	0,915

A maior parte das informações disponíveis sobre o mar brasileiro se resume a publicações do Departamento de Hidrografia e Navegação da Marinha (DHN), e esta fornece essas informações apenas para a orientação da navegação costeira. No Brasil, apesar da grande extensão da costa atlântica não existe um levantamento sistemático de informações necessárias à estimação do potencial energético do mar, exceto em alguns levantamentos pontuais realizadas por algumas universidades, logo, os pontos de coleta de informações se mostram insuficiente para a condução de estudos de potencial energético.

Figura 5 – Municípios classificados pelo algoritmo.

Um estudo detalhado em todos os 40 municípios da ZCP se mostra promissor, mas, o município de Cametá também apresentou uma maré significativa, logo, os municípios não

inseridos na ZCP que sofrem influência das marés podem apresentar potencial de aproveitamento eletromarémotriz.

As áreas costeiras estão entre os mais complexos e variáveis sistemas marinhos, pois suas dinâmicas estão sujeitas a efeitos derivados de diferentes escalas espaciais e temporais, tornando essas zonas altamente variáveis (ALVAREZ-ELLACURIA et al., 2010).

No Nordeste do Pará, as praias são dominadas pelo regime de meso-macromarés semidiurnas que induz a formação das correntes de marés e exerce um importante papel na circulação local, influenciando fortemente o transporte sedimentar litorâneo (SOUZA FILHO E PARADELLA, 2002). Logo, como algumas cidades da ZCP são constituídas por praias, outros critérios de análise que devem ser levado em consideração além da amplitude das marés são: morfologia, geologia, topografia e morfodinâmica local. Se sedimentos de areia advindos destas praias se direcionarem para o local escolhido para o aproveitamento eletromarémotriz estas podem vir a danificar as máquinas (abrasão) e também diminuir o volume do reservatório de acumulação.

Deste modo, é essencial considerar a taxa de sedimento transportada como uma variável a ser equacionada em projetos de barragens, canais, reservatórios de acumulação ou qualquer obra hidráulica (MALLUTA, 2012). Colisão de areias em suspensão em turbinas, comportas e máquinas diversas produzem abrasão quando estas partículas se movem em alta velocidade, como consequência estas podem provocar a redução de eficiência ou inutilizar a peça. Esses aspectos podem tornar alguns locais inadequados à exploração marémotriz ou muitas vezes inviabilizar um potencial explorável.

Conclusão

O algoritmo desenvolvido no presente trabalho mostrou-se adequado no processo de seleção dos locais com potencial de aproveitamento marémotriz no estado do Pará. Os resultados obtidos mostram que os municípios de Bragança, Salinópolis, Viseu, Curuçá, Colares, Afuá, São Caetano de Odivelas, Belém, Soure e Chaves possui grande potencial de conversão da energia da maré em energia elétrica. Entretanto, os 25 municípios que não foram abordados nesta análise devido a falta de dados, também podem apresentar potencial de aproveitamento marémotriz, principalmente, por estarem localizados no setor 1 que são fortemente influenciados por macromarés, que têm como característica principal grandes amplitudes. A aplicação do algoritmo também mostrou que municípios não localizados na ZCP, sofrem influência das marés e, portanto, não podem ser desprezados, como é o caso de

Cametá. Além do aspecto amplitude de maré na seleção dos locais com potencial de aproveitamento da energia de maré no estado, não se deve esquecer que, atividades de levantamento de campo são desejáveis para o processo de avaliação hidroenergética mais completa dos municípios selecionados, sendo: condições oceanográficas, climáticas, meteorológicas, sedimentológicas, geológicas, topografia, batimetria e geomorfologia os fatores a ser considerado para se ter um bom projeto de uma usina eletromarémotriz.

Destaca-se o pioneirismo deste trabalho na identificação de potenciais de aproveitamentos marémotriz no estado do Pará. Entretanto, no contexto atual, devem ser considerados vários outros aspectos críticos que definirão se os potenciais identificados são realmente extraíveis, alguns aspectos como ambientais e logísticos são de fundamental importância quando se trata deste tipo de aproveitamento, pois na maioria das vezes os aproveitamentos estão inseridos em zonas de manguezais, sendo estes considerados frágeis ambientalmente. No presente trabalho, o aspecto crítico abordado foi apenas amplitude de maré, desta maneira o mesmo visa dar um primeiro passo na análise de locais possíveis para estudos de potenciais marémotriz para geração de energia elétrica. Este tipo de estudo fica em uma posição de destaque por esta ser uma fonte de energia renovável, tendo em vista que a maior participação desta na matriz energética mundial será uma tendência inevitável nos próximos anos, portanto, os estudos sobre a exploração da energia marémotriz tornam-se de grande interesse sob o ponto de vista ambiental, econômico e social.

Referências

- ALVAREZ-ELLACURIA, A. et al. Nearshore Wave and Current Operational Forecasting System. **Journal of Coastal Research**. v. 26(3), p. 503-509, 2010.
- BARBOSA, G.; PINTO, M. Geomorfologia da Folha SA-23 (São Luís) e parte da Folha SA-24 (Fortaleza). **Projeto RADAM Brasil**. DNPM, Rio de Janeiro, v. 2, p. 3-26, 1973.
- BEZERRA NETO, P. et al. A energia marémotriz no Maranhão: uma análise crítica. **Plural - Instituto Geia**. v. 4., p. 45-65, 2012.
- CHARLIER, R. H. Sustainable co-generation from the tides: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 7., 2003.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2º edição, São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 185 p.
- DAVIES, J. L. A morphogenic approach to world shorelines. **Zeit. F. Geomorph.** v. 8., p. 27-142, 1964.

EL-ROBRINI, M. et al. **Erosão e progradação do litoral brasileiro: Pará**. Ministério do Meio Ambiente, 2006. 46 p.

ELETROBRAS. **Estado-da-arte de projeto e operação em usinas marémotrizas**. Relatório Técnico Sondotécnica S.A., Brasil, 1981.

FEMAR. **Catálogo de estações maregráficas brasileiras**. 2000. Disponível em: <<http://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/indice.html>>. Acesso em 05 de Fevereiro de 2016.

FERREIRA, R. M. da S. do A. **Aproveitamento da energia das marés: estudo de caso Estuário do Bacanga, MA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia naval e oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

FERREIRA, R. M. Perspectivas da PCH Bacanga movida pela energia das marés. **Revista PCH Notícias & SHP NEWS**. n. 42, 2009.

HOLDEFER, A.; SEVERO, D. L. Análise por ondaletas sobre níveis de rios submetidos à influência de maré. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 20, n. 1, p. 192-201, 2015.

MACINTYRE, A. J. **Máquinas Motrizes Hidráulicas**. 1º edição, Rio de Janeiro: Guanabara Dois, p. 299-315, 1983.

MALLUTA, S. **Estudo hidrossedimentológico da bacia hidrográfica do rio negrinho - SC com o modelo Swat**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, p. 31-32, 2012.

Micro turbines in the world. 2011. Disponível em: <<http://www.vlh-turbine.com>>. Acesso em 08 de julho de 2016.

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 273-350, 2003.

SILVEIRA, J. D. **Morfologia do Litoral**. In: Azevedo, A. (ed.). **Brasil: a terra e o homem**. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1964.

SOUZA FILHO, P. W. M. **Análise Multitemporal e Multisensor (TM Landsat e Radarsat) da Dinâmica de Ambientes Costeiros dominados por macromaré na Planície Costeira Bragantina-Pará**. Tese de Doutorado. Belém: Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 2000, 236 p., CD-ROM.

SOUZA FILHO, P. W. M.; PARADELLA, W. R. Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (Brazilian Amazon Region) from Landsat TM and RADARSAT-1 data. **Wetlands Ecology and Management**. v. 10(2), p. 123-132, 2002.