

Análise do potencial energético no estuário Amazônico

A exploração de energia dos recursos naturais é inevitável, seja ela de uma fonte renovável ou não renovável. Sugere-se, claro, sempre a escolha de fontes de energias renováveis, já que se trata de uma fonte com baixa emissão de CO₂, que não depende de combustíveis fósseis e possui baixo impacto ambiental. Neste cenário, a energia maremotriz vem se mostrando como uma fonte de energia promissora, e por este motivo, está sendo alvo de várias pesquisas nos últimos anos. Assim, este trabalho teve por objetivo de realizar a estimativa do potencial de energético das marés em áreas costeiras do Estado do Pará a fim de auxiliar no diagnóstico técnico para projetos de geração de energia elétrica de forma sustentável. Primeiramente foram selecionados os locais com as estações maregráficas disponíveis e que apresentaram viabilidade técnica para geração da energia maremotriz. Após a seleção dos respectivos locais realizou-se a simulação das alturas de marés para então poder estimar o potencial energético dos estuários. Com relação as alturas e amplitudes das marés analisadas, as menores foram nas estações Porto de Belém, Vila do Conde e Cabo Maguari. Já na análise dos dados de maré, de maneira geral, a estação com maior dispersão nos dados foi a Fundeadouro de Salinópolis, o que demonstra que estudos das energias de maré para a região merecem maior cautela. Observando as curvas de permanência de maré, as estações que mais se destacaram foram a Ilha dos Guarás, Fundeadouro de Salinópolis e Caeté, apresentando um maior potencial para aproveitamento deste tipo. Também foi possível verificar que a geração anual de energia (mesmo em baixa operação) demonstra que esta fonte de energia é firme e estratégica para suprir a demanda de energia a longo prazo.

Palavras-chave: Energias renováveis; Marés; Recursos naturais.

Analysis of energy potential in the Amazonian estuary

The exploitation of energy from natural resources is inevitable, whether from a renewable or non-renewable source. It is, of course, always suggested the choice of renewable energy sources, since it is a source with low CO₂ emissions, which does not depend on fossil fuels and has a low environmental impact. In this scenario, tidal energy has been shown to be a promising energy source, and for this reason, it has been the subject of several researches in recent years. Thus, this work aimed to estimate the tidal energy potential in coastal areas of the State of Pará in order to assist in the technical diagnosis for electricity generation projects in a sustainable manner. Firstly, the locations with the available tide stations that were technically feasible for generating tidal energy were selected. After the selection of the respective locations, the simulation of the tidal heights was carried out so that it could then estimate the energy potential of the estuaries. Regarding the heights and amplitudes of the analyzed tides, the lowest were at the Porto de Belém, Vila do Conde and Cabo Maguari stations. In the analysis of tidal data, in general, the station with the greatest data dispersion was Fundeadouro de Salinópolis, which shows that studies of tidal energies for the region deserve greater caution. Observing the tide permanence curves, the stations that stood out the most were Ilha dos Guarás, Fundeadouro de Salinópolis and Caeté, presenting a greater potential for taking advantage of this type. It was also possible to verify that the annual generation of energy (even in low operation) demonstrates that this energy source is firm and strategic to supply the demand for energy in the long term.


Keywords: Renewable energy; Tidal; Natural resources.


Topic: **Sistemas de Energia Sustentável**


Received: **02/08/2020**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Approved: **19/09/2020**


Mayke Feitosa Progênio 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/521912223495492>
<http://orcid.org/0000-0002-1547-7018>
maykefeitosa@gmail.com

Francisco Carlos Lira Pessoa 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8031687016215046>
<http://orcid.org/0000-0002-6496-9043>
fclpessoa@ufpa.br

Claudio José Cavalcante Blanco 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8319326553139808>
<http://orcid.org/0000-0001-8022-2647>
blanco@ufpa.br

Evanice Pinheiro Gomes 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2100869230103157>
<http://orcid.org/0000-0001-9703-4837>
gomesevanice@ufpa.br

Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2451471006212065>
<http://orcid.org/0000-0002-7238-6892>
cecosta@ufpa.br

Felipe Antonio Melo da Costa Filho 
Universidade Federal do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5826974902574042>
<http://orcid.org/0000-0001-6005-1908>
famcf02@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0036

Referencing this:

PROGÊNIO, M. F.; PESSOA, F. C. L.; BLANCO, C. J. C.; GOMES, E. P.; COSTA, C. E. A. S.; COSTA FILHO, F. A. M.. Análise do potencial energético no estuário Amazônico. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.5, p.390-400, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0036>

INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento econômico de um país, pois serve de suporte para o funcionamento de diversos equipamentos necessários na sociedade (AMER et al., 2011). Desta forma, a exploração de energia dos recursos naturais é inevitável, seja ela de uma fonte renovável ou não renovável. Sugere-se, claro, sempre a escolha de fontes de energias renováveis, já que se trata de uma fonte inesgotável, com baixa emissão de CO₂ e não dependem de combustíveis fósseis. Dentre as fontes renováveis, podemos citar: energia solar, eólica, biomassa, maremotriz e hidráulica (MATOS et al., 2011; LISBOA et al., 2017; DEHGhani et al., 2017).

Neste cenário, a energia maremotriz vem se mostrando como uma fonte de energia promissora, e por este motivo, está sendo alvo de várias pesquisas nos últimos 30 anos (FERREIRA et al., 2009). As marés são fenômenos físicos que se propagam de forma senoidal, e estas são descritas pelas componentes harmônicas utilizadas para modelar as marés astronômicas. Estas componentes são geradas por meio da rotação da terra em relação à lua e ao sol (ROURKE et al., 2010). Existe uma alternância entre preamar e baixa-mar, durante a lua nova ou lua cheia, em que as forças gravitacionais do Sol e da Lua se somam, ocasionando as marés de grandes amplitudes, conhecidas como maré de sizígia. Por outro lado, quando a Lua é Quarto Crescente ou Quarto Minguante as forças gravitacionais se subtraem com a do Sol, ocorrendo assim marés de amplitudes menores, chamadas marés de quadratura (GODEFROID et al., 2018).

Para a geração de energia maremotriz é necessário a construção de uma barragem em um estuário, provocando um desnível entre o mar e o reservatório, na qual a energia potencial contida nas marés pode ser convertida em energia elétrica por meio de turbinas hidráulicas (CHAIINEUX et al., 2008; BURROWS et al., 2009). Segundo Kadiri et al. (2012), a potência de energia que pode ser extraída de um estuário é definida como: $P \propto AH^2$, onde P é o potencial energético de geração, A é a área do reservatório e H é o desnível de maré. Portanto, como a H está elevada ao quadrado, qualquer variação sua mesmo que seja pequena, faz com que esta variável imponha grandes diferenças no potencial energético de uma região, o que fortalece a sua importância na análise de prospecção de centrais maremotrizes.

O conceito de aproveitar a energia das marés por meio de um barramento ganhou força quando surgiu à primeira barragem de maré em escala comercial no estuário do rio Rance, na França, com capacidade instalada de 240 MW no ano de 1966 (ANGELOUDIS et al., 2016). Seguindo esta tendência, outras centrais maremotrizes foram construídas em alguns locais ao redor do mundo, sendo eles: Rússia, Canadá e China (CHARLIER et al., 2009). No Brasil, já é comprovada a existência de locais com potencial para aproveitamento maremotriz nos estados do Pará, Amapá e Maranhão (OLIVEIRA et al., 2015; LEITE NETO et al., 2017). Nesta ótica, este trabalho teve por objetivo de realizar a estimativa do potencial de energético das marés, a fim de auxiliar no diagnóstico técnico para projetos de geração de energia elétrica de forma sustentável em áreas costeiras do Estado do Pará.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo está localizada na Zona Costeira Paraense (ZCP), a qual pode ser dividida em setor I (Costa Atlântica do Salgado Paraense), setor II (Continental Estuarino) e setor III (Insular Estuarino) (Figura 1). A ZCP está inserida no Bioma Amazônico, apresentando temperatura média acima de 26°C, e com precipitações médias anuais variando entre 1900 a 4000 mm (ALVARES et al., 2013).

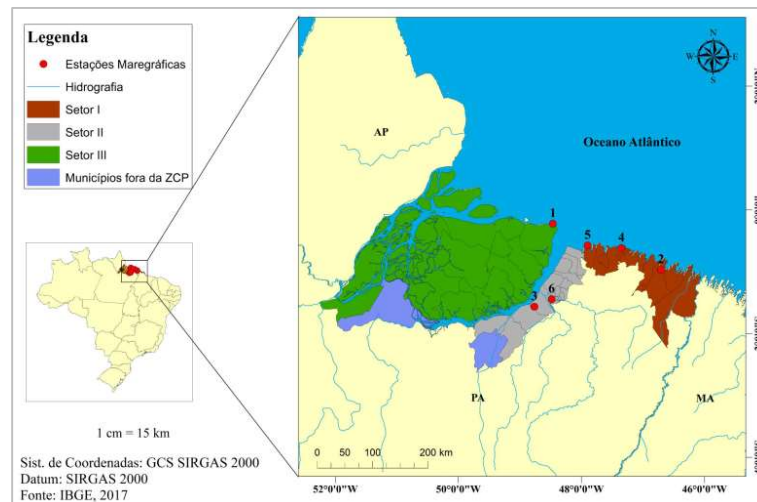


Figura 1: Localização da Zona Costeira Paraense

As amplitudes médias das marés são diferenciadas nos setores da ZCP, onde no setor I as marés são do tipo de macromarés semidiurnas com amplitude de 5,5 m, enquanto os setores II e III são influenciados pelas mesomarés semidiurnas de amplitudes de 3,80 e 3,30 m, respectivamente. As correntes de maré são consideradas fortes, as quais variam entre 1,65 m/s a 0,1 m/s no setor I, setor II entre 1,7 m/s a 0,27 m/s e no setor III entre 1,74 m/s a 0,63 m/s. Já as ondas apresentam alturas abaixo de 1,5 m nos setores I e II e em torno de 1 m no setor III (EL-ROBRINI et al., 2018).

Dados utilizados, seleção dos locais e modelagem das marés

Foram selecionados os locais com as estações maregráficas disponíveis na ZCP, posteriormente foram selecionadas aquelas as que apresentariam viabilidade técnica para geração da energia maremotriz. Para este fim, foi utilizado o algoritmo proposto por Progênio et al. (2017), o qual classifica de acordo com médias de maré (MDM) ≥ 2 metros. Ainda segundo os autores, este critério é usado como tomada de decisão para avaliar apenas os sítios maremotrizes com os maiores potenciais de disponibilidade de energia potencial gravitacional.

Após a seleção dos respectivos locais, segue-se para a etapa de simulação das alturas de marés. Segundo Ferreira et al. (2008), a simulação das alturas de maré é dividida em dois passos, onde o primeiro passo consiste em analisar as componentes harmônicas medidas e o segundo passo, reconstituir o sinal de maré para construir o maregrama. Para realizar as etapas mencionadas foi utilizado o módulo de maré do software SISBAHIA 9.0 (Sistema Base de hidrodinâmica Ambiental) pertencente a Fundação COPPETEC-

COPPE/UFRJ (ROSMAN, 2015). Vale frisar que, as fases das componentes harmônicas medidas para todas as estações maregráfica (Tabela 1) foram obtidas no site da FEMAR (Fundação de Estudos do Mar¹).

Tabela 1: Estações maregráficas utilizadas, início/fim da análise harmônica e média das marés (MDM).

IDº	Estação maregráfica	Município	Início/Fim	Dias de análise	MDM
1	Cabo Maguari	Soure	16/07/1971 a 16/08/1971	31	2,45
2	Caeté	Bragança	28/05/1983 a 28/06/1983	31	3,48
3	Vila do Conde (Porto)	Barcarena	01/04/1991 a 01/05/1991	31	2,15
4	Fundeadoiro de Salinópolis	Salinópolis	01/01/1955 a 30/12/1955	363	3,45
5	Ilha dos guarás	Curuçá	28/04/1980 a 29/05/1980	31	2,62
6	Porto de Belém	Belém	01/03/1955 a 21/02/1956	357	2,33

Fonte: FEMAR (2017).

Estimativa do potencial energético dos estuários

De acordo com Leite Neto et al. (2017), o potencial energético teórico extraível em cada ciclo das marés pode ser obtido através das Equações 1 e 2, sendo que para presente análise foi levada em consideração apenas as alturas de marés e as características geomorfológicas, ou seja, não são considerados os aspectos eletromecânicos das turbinas.

$$E = \rho g A \int_0^h z dz \quad (1)$$

Integrando a Equação (1), obtêm-se:

$$E = \rho g A 0,5h^2 \quad (2)$$

Na qual, E é a energia gerada (Joules), ρ é o peso específico da água salgada (1025kg/m^3), g é a aceleração gravitacional ($9,81\text{m/s}^2$), A é a área do reservatório hipotético (m^2) e h é amplitude de maré (m) que é obtida pela diferença entre a preamar e a baixa-mar.

Como condição de contorno e para efeito de comparação entre os locais analisados, foi utilizada uma área de 0.5 km^2 como recomendado por Progênio et al. (2016). E no caso da estimativa da potência da central maremotriz, é necessário aplicar a Equação 3.

$$P = \frac{E}{\Delta t} \times 10^{-6} \quad (3)$$

Na qual, P é a potência em MW, E é a energia gerada (Joules) e Δt é a diferença de tempo entre a baixar-mar e preamar, ou vice e versa.

Assim, considerando todos os ciclos de marés presentes na janela temporal escolhida (2014 a 2018), é possível obter a estimativa do potencial energético do reservatório analisado. É importante destacar que nas simulações da geração de energia foram considerados três cenários de operação: operação simples efeito na enchente e na vazante, no primeiro caso, a geração de energia ocorre na da enchente da maré, enquanto no segundo ocorre na vazante da maré. Já a na operação de duplo-efeito, a geração de energia ocorre tanto na enchente como na vazante da maré (ETEMADI et al., 2011).

O passo a passo para o desenvolvimento da metodologia aplicada na estimativa do potencial energético das áreas costeiras é apresentado no fluxograma da Figura 2.

¹ www.fundacaofemar.org.br/biblioteca

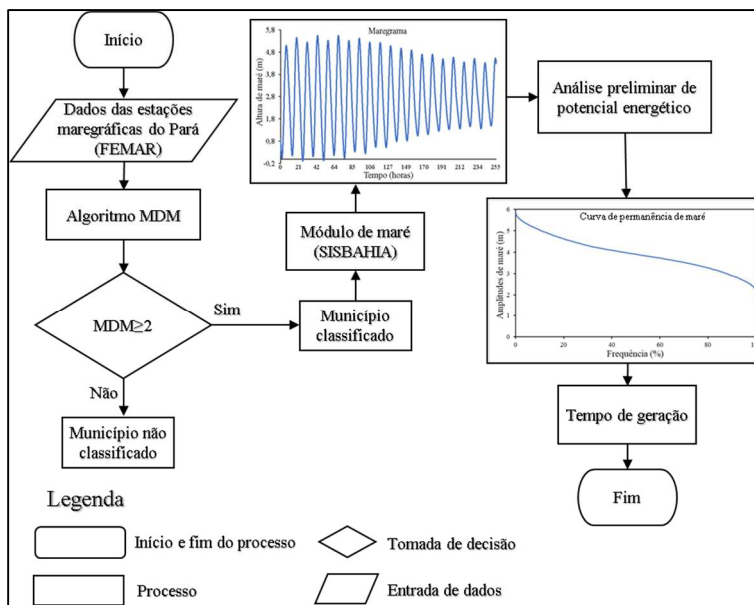
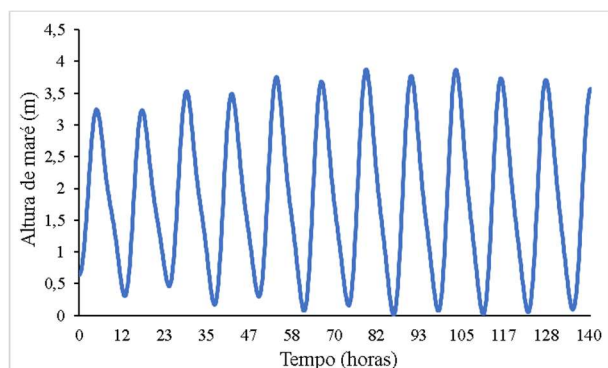


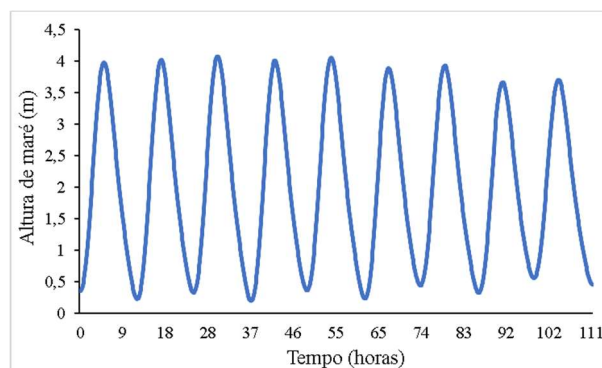
Figura 2: Fluxograma da metodologia para estimativa de potencial maremotriz

RESULTADOS E DISCUSSÃO

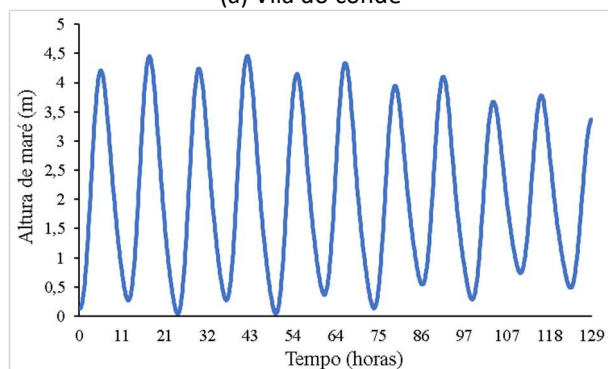
Para simulação das alturas de maré foram utilizadas as componentes harmônicas das estações maregráficas selecionadas no módulo de maré (SISBAHIA), conforme os critérios estabelecidos no fluxograma na Figura 2. Assim, em intervalos de 5 minutos foram calculadas as variações das alturas das marés para cada estação maregráfica entre 01 janeiro de 2014 à 31 dezembro de 2018. Com a construção do maregrama foi possível verificar algumas informações importantes sobre a variabilidade das alturas e amplitudes de maré (Figura 3).



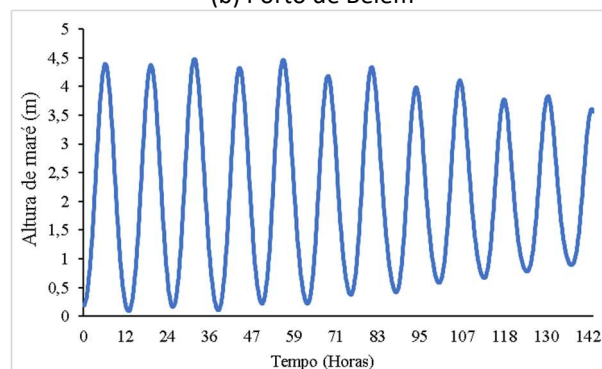
(a) Vila do conde



(b) Porto de Belém



(c) Cabo Maguari



(d) Ilha dos Guarás

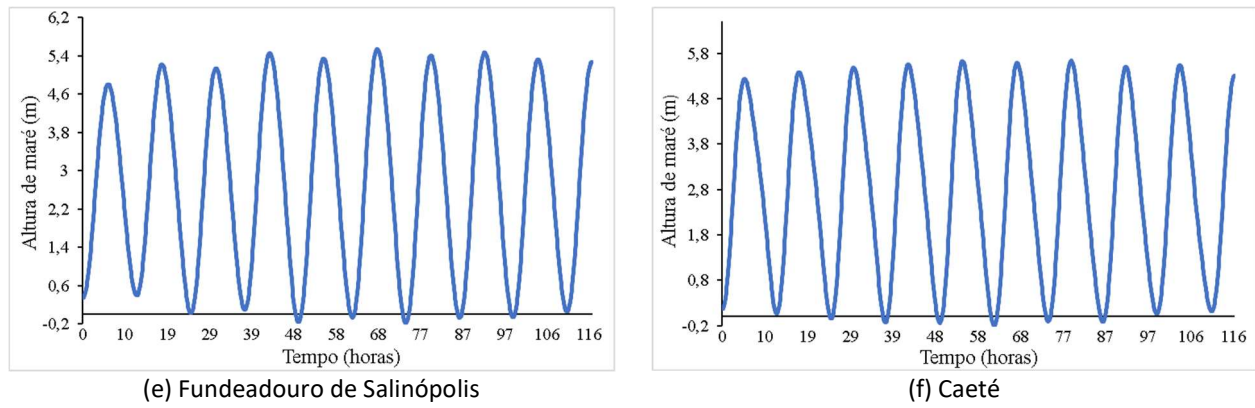


Figura 3: Variação das alturas de marés nas estações maregráficas.

Observa-se que as alturas e amplitudes das marés foram menores nas estações (Porto de Belém, Vila do Conde e Cabo Maguari) devido as maiores influências dos efeitos de remanso do Rio Amazonas e de seus afluentes (KOSUTH et al., 2009). Segundo Holdefer et al. (2015), em condições baixas vazões (estação menos chuvosa) este fenômeno é quase imperceptível, enquanto em situações de altas vazões (estação chuvosa) é bastante perceptível. A cidade de Belém também sofre grande influência da extensa largura do canal e a não uniformidade das margens da Baía de Guajará que fazem com que a energia das marés seja dissipada. Apesar disso, este ambiente possui características hidrodinâmicas bastante intensas o que provoca alterações constantes na distribuição dos sedimentos arenosos e lamosos, o que torna a batimetria deste local bastante variável no tempo (BARROS et al., 2015; GREGORIO et al., 2009).

Os maiores valores de alturas de maré foram de (3,87), (4,07), (4,45), (4,47), (5,54) e (5,63) metros nas estações Vila do Conde, Porto de Belém, Cabo Maguari, Ilha dos Guarás, Fundeadouro de Salinópolis e Caeté, respectivamente. Segundo Oliveira et al. (2015), na análise técnica de centrais maremotrizes na Amazônia é importante se considerar a altura máxima de maré do local para o dimensionamento adequado da altura de barragem, uma vez que, informações incorretas deste parâmetro podem acarretar em áreas alagadas adicionais e conseqüentemente a geração de impactos socioambientais.

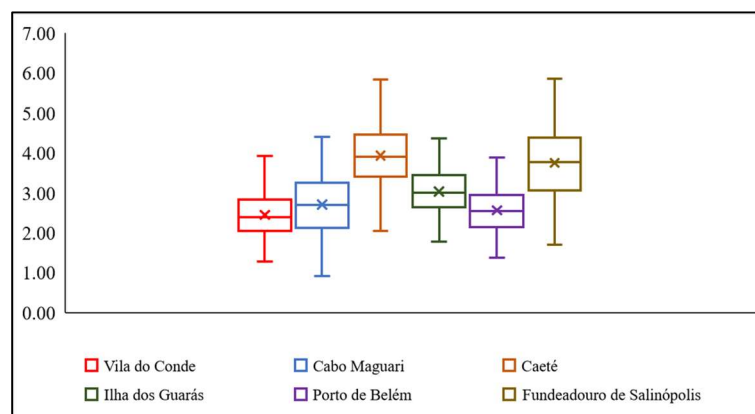


Figura 4: Variabilidade dos dados de maré.

Em relação as características dos dados de maré, os gráficos box plots (Figura 4) evidenciaram que a estação com maior dispersão foi a Fundeadouro de Salinópolis, o que demonstra que estudos das energias de maré para a região merecem maior cautela devido a maior intermitência no processo de geração de energia, o que pode provocar na utilização parcial da estrutura civil da barragem e das turbinas para as quais foram

inicialmente projetadas, ou seja, para aproveitar as maiores alturas de maré. Além disso, em nenhuma das estações foi detectado a ocorrência de *outlier*, o que mostra que os dados de maré no intervalo analisado são bastante confiáveis para o estudo de prospecção de centrais maremotrizes.

O tempo de permanência das amplitudes de maré em cada ciclo de maré é outro parâmetro que também deve ser avaliado, já que esta informação auxilia na definição do tempo de geração de energia de uma central maremotriz (FERREIRA et al., 2008). Assim, com o objetivo de retratar esta variável no panorama geral, foram calculadas as curvas de permanência de maré para todas as estações maregráficas (Figura 5). Vale frisar que a altura de maré de 2 metros foi a considerada como o valor de referência para geração de energia para as curvas de permanência de maré.

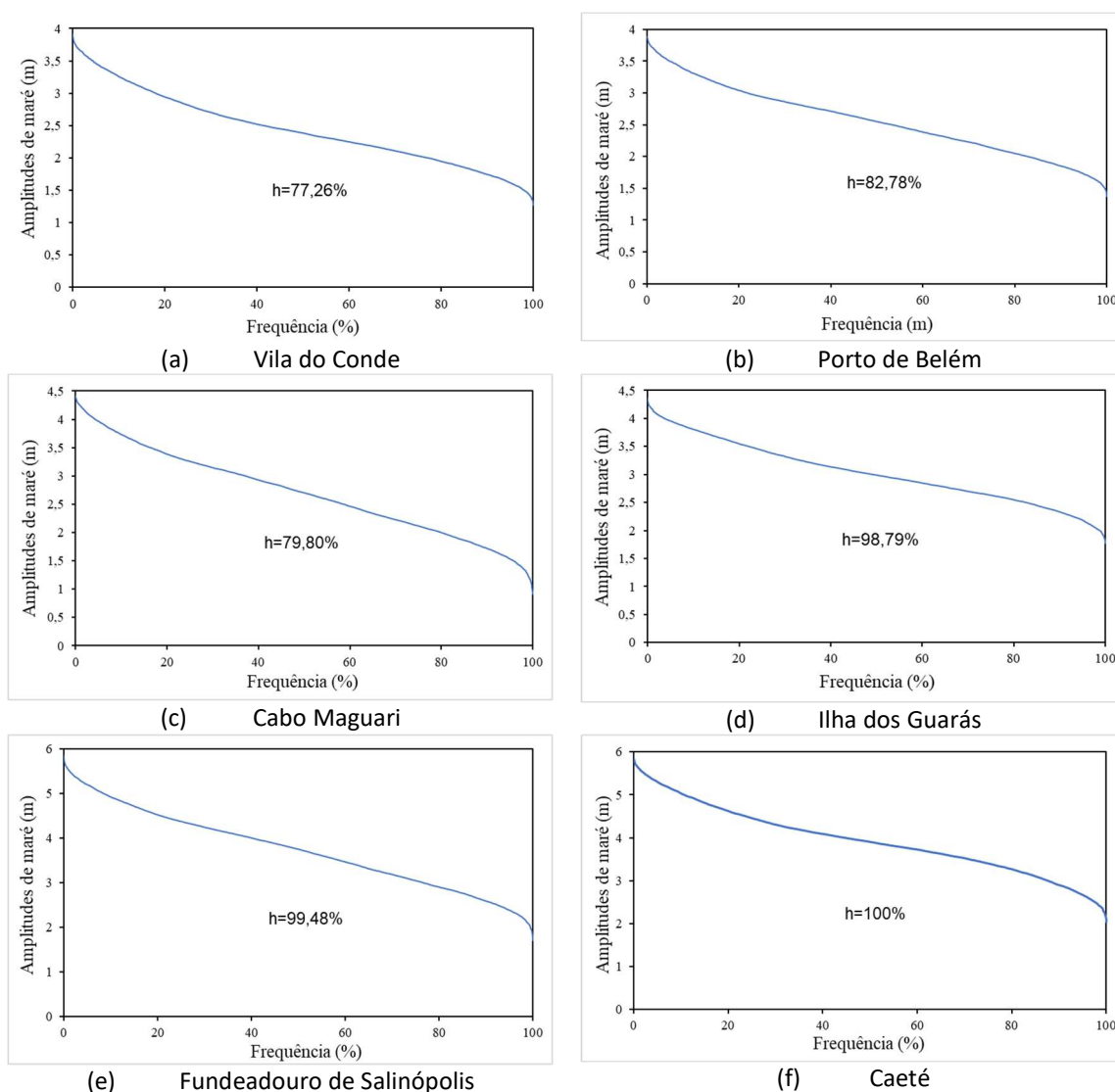


Figura 5: Curvas de permanência de maré.

No que tange às curvas de permanência de maré, as estações que mais se destacaram foram a Ilha dos Guarás, Fundeadouro de Salinópolis e Caeté, que apresentaram (98,79%), (99,48%) e (100%), respectivamente, de permanência para amplitude de maré de 2 metros. Com estes resultados, fica evidente que apenas o uso das MDM como ferramenta de decisão para locais de aproveitamento das energias das marés pode não ser o mais apropriado, isto se deve pela sensibilidade da média aos altos valores de

assimetria causados pelos valores de amplitudes de maré de baixa frequência que estão situados no intervalo de 0 a 10% de permanência. Além disso, a estação Vila do Conde apesar de apresentar um intervalo interquartil maior que a estação Porto de Belém (Figura 4), a sua permanência na amplitude de 2 metros é de apenas 77,26%.

No estudo de Progênio et al. (2019), ficou evidente que na ZCP existem áreas que apresentam grandes quantidades de bancos e barras arenosas, principalmente em ambientes com altas velocidades de correntes de maré, os quais são característicos de áreas de foz. Oliveira et al. (2014) afirmaram que os sedimentos presentes neste tipo de unidade geomorfológica não são consolidados, o que aliado à grande extensão e à baixa declividade da plataforma continental são fatores que favorecem a assimetria da maré do litoral Amazônico.

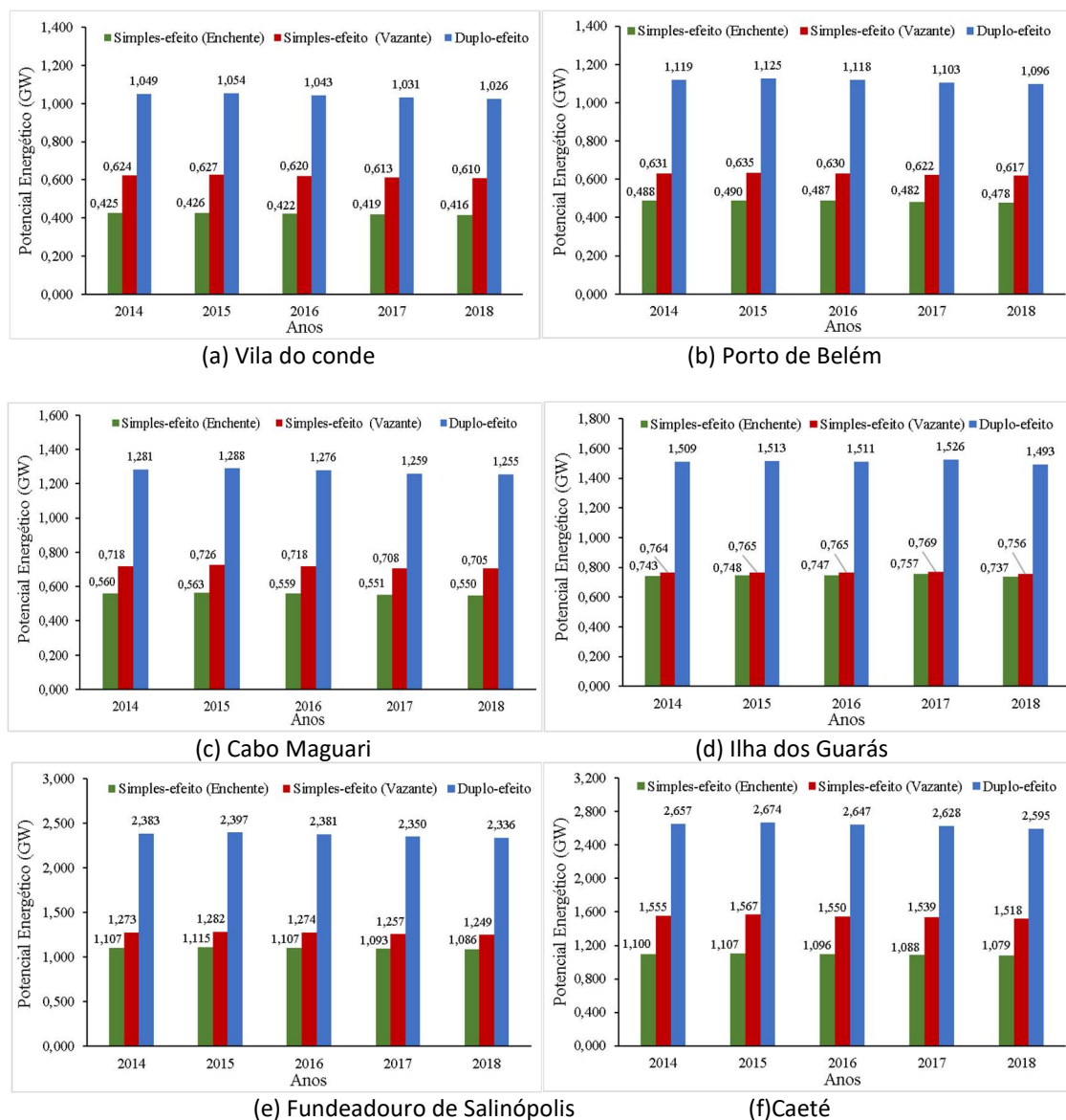


Figura 6: Potenciais energéticos anuais das estações maregráficas analisadas.

Segundo Pereira et al. (2014), a assimetria é marcada por curvas de maré enchente mais inclinadas do que as de maré vazante, assim as maiores intensidades de correntes de maré acontecem na enchente por apresentar períodos mais curtos. Essa característica pode determinar o tipo de operação da barragem de

maré, sendo ela simples efeito ou duplo efeito. Neste contexto, foi realizado as simulações de diferentes tipos de operação: simples-efeito (enchente), simples-efeito (vazante) e duplo-efeito (enchente e vazante) conforme a Figura 6 para definir os seus respectivos potenciais energéticos.

É possível verificar que a geração anual de energia (mesmo em baixa operação), apresentando o valor máximo de coeficiente de variação de 1,211, o que torna esta fonte de energia firme e estratégica para suprir a demanda de energia a longo prazo. Isto está relacionado com as características astronômicas das marés o que as fazem ser bastante previsíveis (CHARLIER et al., 2009). Dentre as estações analisadas (Figura 6), a estação que mostrou maior potencial energético foi a de Caeté, com uma média anual de 1,094 GW (simples-efeito enchente); 1,546 GW (simples-efeito vazante); e 2,640 GW (duplo-efeito). Na estação Ilha dos Guarás foi aonde ocorreu a menor assimetria de maré, já que o a média do potencial de energia tanto na maré enchente (0,746 GW) como na vazante (0,763 GW) foram quase equivalentes. Enquanto na estação Vila do Conde o cenário foi inverso, apresentando uma diferença de 146,82% no potencial energético médio entre a maré enchente (0,421 GW) e vazante (0,618 GW).

Do ponto de vista energético, a geração do tipo duplo-efeito foi mais eficiente para todas as estações (Figura 6), enquanto a simples-efeito (enchente) foi menos eficiente que a simples-efeito (vazante). Assim em projetos de centrais maremotrizes no estado do Pará as operações do tipo duplo-efeito e simples-efeito (vazante) devem ser priorizadas. Segundo Leite Neto et al. (2017), quando é levado em consideração a operação das turbinas hidráulicas na simulação do potencial energético, a operação duplo-efeito pode não ser a mais recomendada, já que o seu desempenho energético pode ser 38% menor que o modo de geração de vazante. Isto acontece devido ao nível do reservatório estar em uma região operacional com baixa eficiência, próxima do nível médio do mar, tornando a geração de vazante a mais indicada.

CONCLUSÕES

Estudos sobre energias renováveis estão se intensificando, trazendo expectativas boas para diversos países, que possivelmente terão grandes benefícios futuramente. Assim, este trabalho também teve o objetivo de contribuir com o desenvolvimento da temática não apenas nacionalmente, mas regionalmente, tendo em vista que a análise do potencial da energia maremotriz ainda pouco explorado na região Norte do país, com pouquíssimos estudos sobre.

Com relação as alturas e amplitudes das marés analisadas, as menores foram nas estações (Porto de Belém, Vila do Conde e Cabo Maguari). Já na análise dos dados de maré de maneira geral, a estação com maior dispersão foi a Fundeadouro de Salinópolis, o que demonstra que estudos das energias de maré para a região merecem maior cautela.

Observando as curvas de permanência de maré, as estações que mais se destacaram foram a Ilha dos Guarás, Fundeadouro de Salinópolis e Caeté, apresentando um maior potencial para aproveitamento deste tipo. Também foi possível verificar que a geração anual de energia (mesmo em baixa operação) demonstra que esta fonte de energia é firme e estratégica para suprir a demanda de energia a longo prazo. Deste modo, a presente pesquisa é uma importante ferramenta de suporte que determinou o potencial energético efetivo

dos sítios maremotriz.

REFERÊNCIAS

- ANGELOUDIS, A.; FALCONER, R. A.; BRAY, S.; AHMADIAN, R.. Representation and operation of tidal energy impoundments in a coastal hydrodynamic model. **Renewable Energy**, v.99, p.1103-1115, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.08.004>
- AMER, M.; DAIM, T. U.. Selection of renewable energy technologies for a developing county: a case of Pakistan. **Energy for Sustainable Development**, v.15, n.4, p.420-435, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.09.001>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BURROWS, R.; WALKINGTON, I. A.; YATES, N. C.; HEDGES, T. S.; WOLF, J.; HOLT, J.. The tidal range energy potential of the West Coast of the United Kingdom. **Applied Ocean Research**, v.31, p.229-238, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2009.10.002>
- BARROS, M. L. C.; BATISTA, A. G.; SENA, M. J. S.; MESQUITA, A. L. A.; BLANCO, C. J. C.. Application of a shallow water model to analyze environmental effects in the Amazon Estuary Region: a case study of the Guajará Bay (Pará–Brazil). **Water Practice and Technology**, v.10, n.4, p.846-859, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2015.104>
- CHARLIER, R. H.; FINKL, C. W.. **Ocean energy: tide and tidal power**. Springer Science & Business Media, 2009.
- CHAIINEUX, M. C.; CHARLIER, R. H.. Women's tidal power plant Forty candles for Kislaya Guba TPP. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.12, p.2515-2524, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.03.013>
- DEGHANI, H.; VAHIDI, B.; HOSSEINIAN, S. H.. Wind farms participation in electricity markets considering uncertainties. **Renewable Energy**, v.101, p.907-918, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.09.049>
- EL-ROBRINI, M.; SILVA, P. V. M.; GUERREIRO, J. S.; RANIERI, L. A.; ALVES, M. A. M. S.; SILVA, M. S. F.. Panorama da Erosão Costeira do Estado do Pará. In: MUEHE, D.. **Panorama da Erosão Costeira do Estado do Pará**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. p.65-166.
- FERREIRA, R. M. S. A.; ESTEFEN, S.. Aproveitamento da energia das marés para a geração de eletricidade Usina Maremotriz do Bacanga. **Revista PCH Notícias & SHP NEWS**, n.38, 2008.
- FERREIRA, R. M. S. A.; ESTEFEN, S.. Alternative concept for tidal power plant with reservoir restrictions. **Renewable Energy**, v.34, p.1151-1157, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.08.014>
- FEMAR. Fundação Femar. **Catálogo das estações maregráficas do Brasil**. FEMAR, 2017.
- GODEFROID, R.; SPACH, H.; SCHWARZ JUNIOR, R.; QUEIROZ, G.; NETO, J.. Efeito da lua e da maré na captura de peixes em uma planície de maré da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.29, n.1, p.47-55, 2018.
- GREGORIO, A. M. S.; MENDES, A. M.. Batimetria e sedimentologia da Baía do Guajará, Belém, estado do Pará, Brasil. **Amazônia: Ci. & Desenvolvimento**, v.5, n.9, 2009.
- KADIRI, M.; AHMADIAN, R.; EVANS, B. B.; RAUEN, W.; FALCONER, R.. A review of the potential water quality impacts of tidal renewable energy systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, p.329-341, 2012.
- HOLDEFER, A. E.; 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.
- LEITE NETO, P. B.; SAAVEDRA, O. R.; SOUZA, L. A. R.. Analysis of a tidal power plant in the estuary of Bacanga in Brazil taking into account the current conditions and constraints. **IEEE Transactions on Sustainable Energy**, v.8, n.3, p.1187-1194, 2017.
- KOSUTH, P.; CALLÈDE, J.; LARAQUE, A.; FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L.; SEYLER, P.; FRITSCH, J.; GUIMARÃES, V.. Sea-tide effects on flows in the lower reaches of the Amazon River. **Hydrological Processes: An International Journal**, v.23, n.22, p.3141-3150, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.7387>
- MATOS, F. B.; CAMACHO, J. R.; RODRIGUES, P.; GUIMARÃES JUNIOR, S. C.. A research on the use of energy resources in the Amazon. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, p.3196-3206, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSTE.2017.2666719doi:10.1016/j.rser.2011.04.012>
- LISBOA, A. C.; VIEIRA, T. L.; GUEDES, L.S.M.; VIEIRA, D.A.G.; SALDANHA, R. R.. Optimal analytic dispatch for tidal energy generation. **Renewable Energy**, v.108, p.371-379, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.02.058>
- OLIVEIRA, L. L. P.; BLANCO, C. J. C.; MESQUITA, A. L. A.. Metodologia para projetos de centrais maremotrizes. **Revista Ciência e Tecnologia**, v.18, n.33, p.55-64, 2015.
- OLIVEIRA, S. M. O.; PEREIRA, L. C. C.; VILA-CONCEJO, A.. Processos morfodinâmicos em uma praia de macromaré no litoral amazônico. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v.5, n.2, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i2.36418>
- ROURKE, F. O.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A.. Tidal energy update 2009. **Applied energy**, v.87, n.2, p.398-409, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.08.014>
- PEREIRA, L. C. C.; PINTO, K. S. T.; VILA-CONCEJO, A.. Morphodynamic variations of a macrotidal beach (Atalaia) on the Brazilian Amazon Coast. **Journal of Coastal Research**, v.70, n.1, p.681-686, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI70-115.1>

PROGÊNIO, M. F.; BARBOSA JUNIOR, R. N. S.; SOUZA, M. J. R.. A energia maremotriz e sua perspectiva de oportunidade no estado do Pará. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.6, n.2, 2017.

PROGÊNIO, M. F.; BARBOSA JUNIOR, R. N. S.; COSTA FILHO, F. A. M.; SOUZA, M. J. R.. Estimativa do potencial energético de pequenos aproveitamentos maremotrizes na Costa Atlântica do Salgado Paraense. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 5. **Anais**. Belém, 2016. p.383-392.

PROGÊNIO, M. F.; COSTA FILHO, F. A. M.; SOUZA, M. J. R.; PESSOA, F. C. L.. Análise do potencial de impacto ambiental para implantação de pequenas centrais hidroelétricas nas unidades hidrográficas do estado do Pará. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Investigación, Desarrollo y Práctica**, v.12, n.3, p.399-412, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2019.12.3.62469>

ROSMAN, P. C. C.. **Referência técnica do SISBAHIA®**: Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.