

UM ESTUDO SOBRE O APROVEITAMENTO DA ENERGIA DOS OCEANOS - ENERGIA DAS ONDAS: RENOVÁVEL, ECONOMICAMENTE VIÁVEL E LIMPA

Erick Fernandes Dias e Silva, Sebastião Camargo Guimarães Júnior (Dr.), Kleiber David Rodrigues (Dr.), Aidson Antônio de Paula (M.Sc.)

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, NUPEA – Núcleo de Pesquisa e Extensão em Energias Alternativas, Uberlândia - MG

eric.diass@gmail.com, scguimaraes@ufu.br, kleiber@ufu.br, aidson@ufu.br

Resumo - O presente trabalho visa apresentar um estudo sobre a inserção da energia proveniente das ondas marinhas na matriz energética brasileira. Inicialmente serão revisadas as principais tecnologias atualmente utilizadas no mundo para a extração de energia advinda das ondas. As novas tecnologias propostas na literatura terão seus equipamentos comparados aos métodos de extração já existentes. Em seguida será feita uma análise de viabilidade econômica considerando as alternativas tecnológicas para o aproveitamento dessa fonte de energia. Finalmente o estudo abordará os custos associados à instalação de uma unidade-piloto, dando enfoque no projeto de parceria entre COPPE e UFRJ, projeto este a ser instalado no nordeste do Brasil.

Palavras-Chave – Energia das ondas, Energia dos Oceanos, Fontes Alternativas de Energia, Usina de Ondas, Viabilidade Econômica.

A STUDY ABOUT THE UTILIZATION OF ENERGY OF THE OCEANS - WAVE ENERGY: RENEWABLE, ECONOMICALLY VIABLE AND CLEAN

Abstract – The objective of this work is to present a study about the insertion of the energy that is originated from sea waves in the Brazilian energy matrix. Initially the technologies for the extraction of energy from the sea waves, nowadays in use in the world, will be revised. The equipments of the new proposed technologies will be compared to the existing ones. After, an economic viability study will be made taking into account the technological alternatives that use this source of energy. Finally, the study will cover the costs associated to the installation of a dummy unity, focusing in the partnership project between COPPE e UFRJ, project to be installed in the northeast of Brazil.

Keywords – Alternative Energy Sources, Economic Viability; Ocean Energy, Wave Energy, Wave Plants.



XII CEEEL – ISSN 2178-8308
13 a 17 de Outubro de 2014
Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

I. INTRODUÇÃO

O ser humano, desde o seu surgimento na terra, sempre precisou de alguma forma de energia para suprir suas necessidades básicas, e evoluiu, utilizando-se de recursos baseados no carvão e derivados do petróleo. Esta dependência foi agravada quando se percebeu que estas reservas eram limitadas, e assim, em meados do século XX, teve início a busca por outras fontes de energia. Entretanto, o aumento excessivo do número de habitantes no planeta bem como a combustão de fontes não renováveis gerou o problema da poluição ambiental, outra dificuldade frente à limitação de reservas de combustíveis fósseis.

Assim sendo, as chamadas Energias Alternativas tornaram-se foco da atenção humana, a fim de não esgotar totalmente seus recursos e preservar o planeta. Dá-se então, o início da Era das Energias Alternativas, dentre as quais citam-se: Energia Solar, Energia Eólica, Energia Fotovoltaica, Energia Geotérmica, dentre outras. Uma destas fontes alternativas, a Energia proveniente dos Oceanos, vem sendo nos últimos anos, amplamente estudada, tendo em vista seu elevado aproveitamento e sua interação harmoniosa com o ecossistema marinho [1].

II. TIPOS DE ENERGIA DOS OCEANOS

A energia dos oceanos pode ser basicamente dividido em cinco tipos básicos, como mostrado na Tabela I [1]:

Tabela I - Tipos de fontes de energia dos oceanos e seus respectivos potenciais teóricos

Fonte de Energia	Potencial Teórico
Marés	Aproximadamente 300 TWh/ano
Ondas	8.000 a 80.000 TWh/ano
Correntes (Marés e Oceânicas)	Aproximadamente 800 TWh/ano
Gradiente de Temperatura	Aproximadamente 10.000 TWh/ano
Gradiente de Salinidade	Aproximadamente 2.000 TWh/ano

A. Energia das Marés

As ondas do mar possuem energia cinética devido ao movimento da água e energia potencial devido à sua altura. Energia elétrica pode ser obtida se for utilizado o movimento oscilatório das ondas [2]. O aproveitamento é feito nos dois sentidos: na maré alta a água enche o reservatório, passando através da turbina, e produzindo energia elétrica, na maré

baixa a água esvazia o reservatório, passando novamente através da turbina, agora em sentido contrário ao do enchimento, e produzindo energia elétrica, como pode ser verificado na Figura 1 [3].

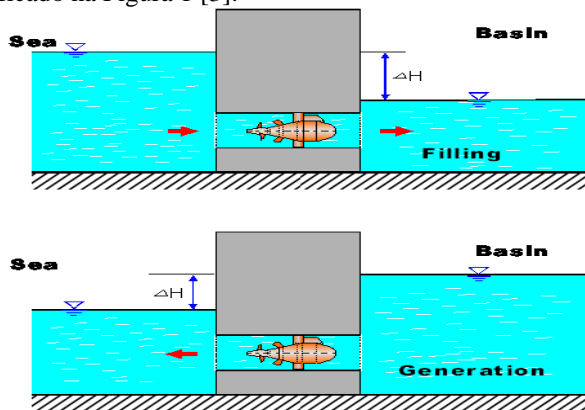


Fig. 1. Funcionamento de uma Usina de Marés.

B. Energia das Ondas

A energia das ondas é uma das formas de energia dos oceanos que apresenta um maior potencial de exploração, tendo em vista a ampla força das ondas oceânicas bem como a vastidão dos mesmos. A conversão da energia a partir das ondas apresenta semelhanças com o processo de conversão da energia eólica [2]. Nesse processo, as ondas são produzidas por ação dos ventos, das correntes de ar que circulam pelo globo, e, em ambos os fenômenos, tais correntes apresentam irregularidade e variação sazonal, além de que, em ambos, a energia é extraída de um meio fluido em movimento, de extensão praticamente ilimitada. Observando a Figura 2 pode-se melhor entender o funcionamento do mecanismo recentemente desenvolvido pela COPPE e em teste no Rio de Janeiro:

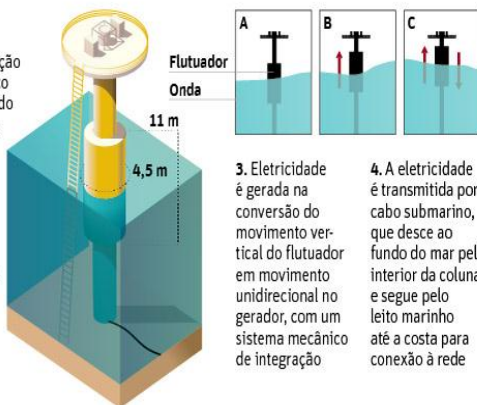
COM UMA ONDA

Primeira usina de ondas será instalada na Ilha Rasa, em frente à praia de Ipanema

COMO FUNCIONA

1. É feita uma perfuração como se fosse um poço de petróleo no fundo do mar para instalar uma coluna central de cimento, que guiará a movimentação de um flutuador

2. O flutuador mede 11 metros de altura e 4,5 de diâmetro e se movimenta verticalmente em relação às ondas do mar



3. Eletricidade é gerada na conversão do movimento vertical do flutuador em movimento unidirecional no gerador, com um sistema mecânico de integração

4. A eletricidade é transmitida por cabo submarino, que desce ao fundo do mar pelo interior da coluna e segue pelo leito marinho até a costa para conexão à rede

A energia das ondas pode ser obtida tanto em águas profunda quanto em águas rasas. Em águas profundas, aproximadamente 95% do fluxo de energia ocorre entre superfície e a uma profundidade de $L/2$ e em águas rasas a energia é disponível em toda coluna d'água [1].

A energia de ondas é economicamente viável para valores maiores que 15 [KW/m], ou seja, é aproveitado na maior parte do território global, como pode ser visto na Figura 3.

A energia proveniente das ondas é calculada por (1):

$$P_{onda} = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2 \cdot T}{32\pi} \quad [w/m] \quad (1)$$

Onde:

- P_{onda} - Potência retirada da onda;
- ρ - Densidade da água do mar;
- g - Aceleração gravitacional;
- H - amplitude total da onda;
- T - Período da onda em segundos.

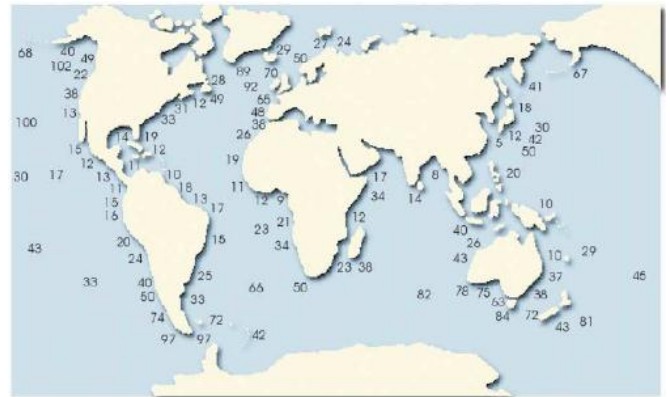


Fig. 3. Distribuição dos pontos de aproveitamento do potencial energético ao redor do globo.

O critério de classificação adotado na conferência Européia de energia de ondas referente aos dispositivos de captação prende-se com a distância à costa do dispositivo, agrupando-os da seguinte forma: (i) Dispositivos costeiros (*onshore*); (ii) Dispositivos próximos da costa (*near-shore*) e (iii) Dispositivos afastados da costa (*offshore*) [7].

A principal diferença entre os dispositivos próximos da costa e os afastados da costa resulta das profundidades envolvidas. No primeiro caso, as profundidades serão normalmente inferiores a 20 m e os dispositivos serão apoiados no fundo do mar, enquanto no segundo caso, rondarão os 50 m e os dispositivos serão flutuantes [4].

C. Corrente de Maré e Oceânica

Essa energia está associada ao movimento das águas, onde, o fluxo de água que resulta das marés alta e baixa nas regiões costeiras. A tecnologia funciona como moinhos de ventos submersos, mas impulsionados por água ao invés de ar. Tais moinhos podem ser instalados no mar em locais de altas velocidades de maré, ou em locais com suficiente corrente oceânica contínua, a fim de se obter grandes quantidades de energia por meio desse grande volume de água corrente.

Com a tecnologia atual não é conveniente converter essa energia em energia elétrica, pois as corrente só exibem velocidade adequada para o aproveitamento direto na forma cinética distante das costas e a profundidades consideráveis. Isso implica em dificuldades de posicionamento das turbinas e em altos custos de transmissão [4].



Fig. 4. Turbinas SeaGen – 11m diâmetro – Canal de Bistol – Inglaterra – 300kW

D. Gradiente de Temperatura

A temperatura dos oceanos varia de acordo com a profundidade. Isso possibilita o processo de conversão de energia térmica dos oceanos – OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*). Assim, o conceito de uma Usina OTEC (Sistemas de Conversão de Energia Térmica dos Oceanos) é uma tecnologia que converte a radiação solar em energia elétrica. Basicamente, pode ser dito que, a partir da diferença de temperatura entre as águas superficiais e águas de grande profundidade, como por exemplo, águas a 1000m de profundidade, é possível gerar energia, ou seja, uma evaporação por aquecimento em contato com águas “mais quentes” e posterior condensação por resfriamento com águas “mais frias” bombeadas para a superfície. Uma diferença de temperatura de 15°C a 20°C já pode ser considerada adequada de acordo com o World Energy Council (WEC).

Na Figura 5 [] pode-se observar a margem de temperatura ao redor do globo, comparativamente relacionada à energia do gradiente térmico.

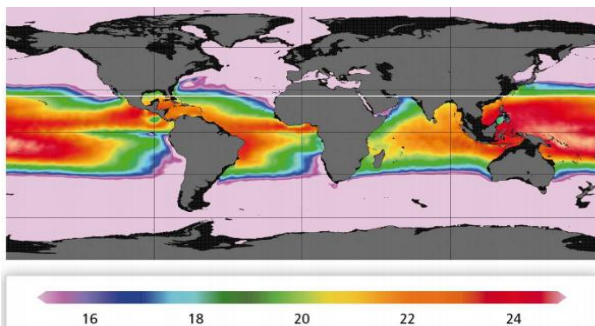


Fig. 5. Variação de temperatura ao redor do globo comparativamente relacionada à energia do gradiente térmico.

E. Gradiente de Salinidade

A energia do gradiente de salinidade é a energia proveniente da diferença de pressão química baseada na diferença de concentração de sal entre a água doce e a água salgada, sendo assim, uma energia que deve vir a ser explorada na foz dos rios, onde a água doce se encontra e dilui com as águas salinizadas do oceano. Seu potencial teórico do gradiente de salinidade é estimado em 1.650 TWh/ano (6 EJ/ano) [5].

Trata-se de uma tecnologia limpa, que no futuro pode ser usada em nossos estuários, sobretudo nos da região amazônica, mais carente em energia limpa. Não há impacto ambiental, a não ser aquele decorrente da própria construção, uma vez que o sistema não consome água ou sais, e não interfere no fluxo natural de água doce para o mar, mas, entre

os demais métodos de extração de energia dos oceanos, é o mais caro e menos eficaz [5].

III. ENERGIA DOS OCEANOS E O CASO BRASILEIRO

A energia elétrica gerada em nosso país é principalmente proveniente da energia hidrelétrica. No Brasil vimos que a energia proveniente das hidrelétricas, ao contrário do que alguns imaginam, é um insumo finito e isso foi percebido pela primeira vez na crise energética nos anos de 2001 e 2002, onde o racionamento de energia devido a problemas climáticos (seca dos rios) ocorridos neste período. Após esse acontecimento a sociedade brasileira constatou a necessidade de diversificar as fontes de geração de energia. Em meados de 2011, vários estudos começaram a ser feitos e diversas oportunidades se abrem para geração de energia de fontes elétricas renováveis, como a energia das ondas que vem indicando resultados significativos de crescimento.

A utilização das energias renováveis diversifica os suprimentos de energia do PIS, estimula novos negócios, contribui para o desenvolvimento econômico e social das diversas regiões do Brasil, proporciona uma melhora da qualidade atmosférica e da saúde pública, oferecendo diversas vantagens ambientais quando comparadas às fontes tradicionais de geração de energia [6].

Devido as incertezas atuais relativamente à viabilidade do aproveitamento da energia das ondas, será utilizado um modelo simples de análise econômica, baseado no método da anuidade para base de cálculo nesse trabalho.

Os critérios adotados para a seleção das tecnologias para explorar o recurso energético foram: capacidade de geração e eficiência dos modos de conversão de energia, disponibilidade e forma de fixação do dispositivo na costa (dispositivo onshore). Considerando a potência e modo de fixação dos aparelhos, as tecnologias pré-selecionadas foram:

1. Dispositivo OWC OSPREY, com potência nominal de 0,5 MW;
2. Dispositivo LIMPET, com potência nominal de 0,5 MW;
3. Dispositivo COPPE, com potência nominal de 50 kW, expansível com a agregação de módulos de 0,5 MW;

O nível de potência de 0,5 MW tem a ver com as amplitudes de pressão de ar que normalmente são possíveis de se criar utilizando estes tipos de centrais, sendo adequadas para gerar potências nominais em torno deste valor [3].

Devido à localização costeira, as rochas, estrutura existentes, confere-lhes vantagens imediatas como uma maior facilidade de instalação e manutenção, ausência de grandes extensões de cabos submarinos e de sistemas de fixação complexos, visto que a possibilidade de aproveitar a estrutura existente causará reduções significativas no investimento [4].

Após a pré-seleção, a escolha entre as alternativas foi feita tomando-se a de menor custo médio de geração (CMG). O manual de Estudo de Inventário da Eletrobrás recomenda que no estudo de implantação de PCH'S, as alternativas sejam homogêneas em relação à capacidade disponível de ponta e à energia firme de uma delas, tomada como referência (a que apresenta a maior energia firme),

acrescentando-se ao custo das demais, os custos de referência de ponta e de energia firme necessários [8]. Com estes dados, pode-se utilizar a seguinte expressão para o cálculo do custo médio de geração:

$$CMG_i = \frac{CAI_i + CO \& M_i + (P^* - P_i) \cdot CRP + ((EF^* - EF_i) \cdot CRE + (ES^* - ES_i) \cdot CRES) \cdot 8760}{EF^* \cdot 8760} \quad (2)$$

Onde:

CMGi = custo médio de geração da alternativa i (US\$/MWh);

CAIi = custo anual de investimento da alternativa i (US\$/ano);

CO&Mi = custo anual de operação e manutenção da alternativa i (US\$/ano);

P* = ponta disponível da alternativa de referência (kW), com capacidade instalada igual a motorização final;

CRP = custo de referência de ponta (US\$/kW/ano);

EF* = energia firme da alternativa de referência (MWmédio);

EFi = energia firme da alternativa i (MWmédio);

CRE = custo de referência de energia (US\$/MWh);

Pi = ponta disponível da alternativa i (kW), com capacidade instalada igual a motorização final;

ES* = energia secundária da alternativa de referência (MWmédio);

ESi = energia secundária da alternativa i (MWmédio);

CRES = custo de referência da energia secundária (US\$/MWh);

8760 = número de horas no ano.

A seguir serão apresentadas algumas considerações técnicas e econômicas, que servirão de suporte para a seleção de uma alternativa tecnológica para o aproveitamento do recurso energético disponível.

IV. DISPOSITIVO OWC OSPREY

O protótipo OWC (*Oscillating Water Column*) OSPREY (*Ocean Swell Powered Renewable Energy*) consiste em uma estrutura de concreto ou aço com vida útil maior que 60 anos. Existe uma grande tendência em escolher o *design* de concreto, pois este oferece extensa possibilidade de redução de custos, através do uso de técnicas alternativas de construção [8]. A condição de operação da turbina é semelhante às usadas nas unidades offshore e é demonstrada na Figura 6.

Entre as considerações técnicas e econômicas são citados o alto custo industrial e a eficiência moderada, sendo que caso não haja a turbina eólica acoplada, tal tecnologia não é muito viável, e possui falhas ainda não foram corrigidas.

Ao usar o dispositivo OSPREY aproximadamente 31% dos custos capitais estão relacionados a base de implantação. Adicionalmente, aproximadamente 50% dos custos elétricos são referentes a implementação da turbina do dispositivo OSPREY [8].

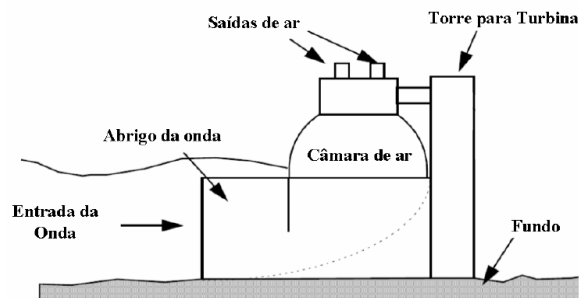


Fig. 6. Esquema de funcionamento de um dispositivo OWC Osprey.

O custo de aquisição de uma única turbina pode ser reduzido em seus principais componentes, como apresentado na Figura 7 [9].

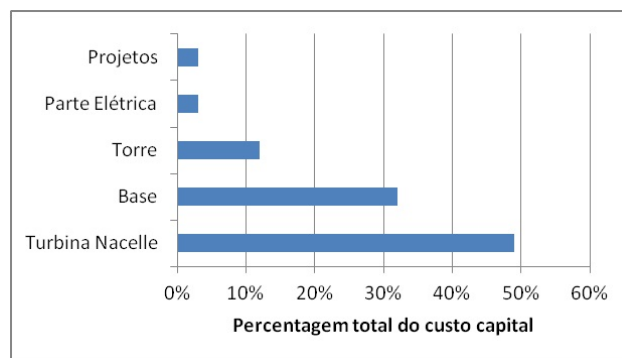


Fig. 7. Queda dos custos de capital para uma turbina eólica offshore.

V. DISPOSITIVO LIMPET

A central LIMPET (*Land Installed Marine Power Energy Transmitter*) foi projetada para gerar uma potência nominal de 500 kW sendo capaz de fornecer eletricidade à cerca de 400 habitações. A central LIMPET surgiu como a continuação natural do sucesso de um protótipo de 75 kW que se encontrava instalado na ilha escocesa de Islay, onde se localiza a central. Foi o primeiro dispositivo de conversão de energia das ondas a ser explorado comercialmente no Reino Unido [9].

Dentre os fatores que impulsionaram a criação desse tipo de usina, pode ser citado o fato de que a energia na Escócia era geralmente importada, seu clima era propício, e, logo surgiu um grande entusiasmo do país.

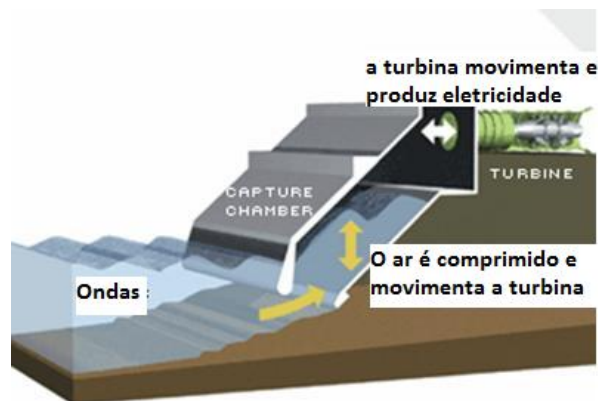


Fig. 8. Esquema de funcionamento de uma central LIMPET.

Os custos anuais de operação e manutenção foram estimados em aproximadamente US\$ 37,934.88, o que equivale de 1,5% a 2,7% do investimento. O sistema está sendo desenvolvido com possibilidade de receber manutenção em localidades remotas, utilizando-se de mão de obra nativa. [9].

A Figura 9 mostra a composição dos custos de investimento total para o dispositivo LIMPET.

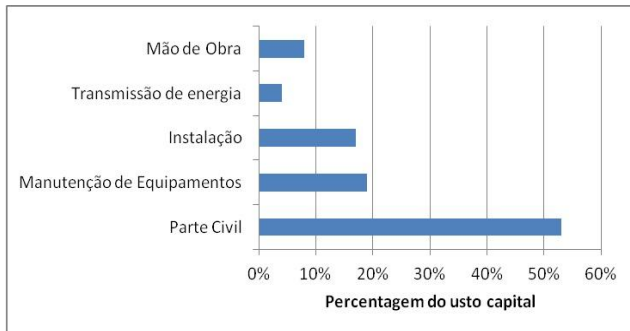


Fig. 9. Composição de custos para uma central LIMPET.

VI. PROTÓTIPO DA COPPE

A usina do porto do Pecém é um projeto piloto de energia de ondas, fruto de uma parceria da COPPE/UFRJ, com apoio da Eletrobrás e CNPq, com o objetivo de ampliar a diversificação da matriz energética Brasileira. Na Figura 10 é mostrado o esquema de funcionamento da usina.



Fig. 10. Esquema de funcionamento da usina do Pecém.

Sua instalação foi feita na costa do Ceará (Porto de Pecém), onde estão sendo realizados os testes e aprimoramentos da tecnologia. Uma nova instalação desta tecnologia está sendo estudada para ser implantada em meados de 2016, agora no Rio de Janeiro.

Um dos aspectos diferenciais que se busca com esse projeto é a redução dos custos de geração de eletricidade, semelhante ao que aconteceu com a energia eólica. O custo por MW instalado é de US\$ 2,820.000.00. Os custos de implantação são altos, com grande possibilidade de serem reduzidos conforme o desenvolvimento da tecnologia [10]. O custo de investimento por MWh é de US\$ 93.51 e o custo de geração foi estimado em US\$ 103.51/MWh para uma taxa de retorno de 15% ao ano e prazo de amortização de 20 anos. Os custos de operação e manutenção estão em torno de US\$

10,0 por MWh, o que equivale a aproximadamente 9,7% do custo de geração [10].

Nos estudos desse trabalho, a comparação entre as alternativas teve por objetivo encontrar a fonte energética que mais se encaixava com a matriz brasileira. Seguindo-se as recomendações por meio do estudo de Inventário da Eletrobrás [11] para pequenas centrais hidrelétricas as alternativas que apresentaram baixo desempenho sob o ponto de vista técnico-econômico foram eliminadas, como poderá ser visto na Tabela 2. Assim, para todas as alternativas, os custos de geração foram expressos em [kWh], e os de operação e de manutenção foram expressos em porcentagem do investimento total.

O custo total de investimento foi demonstrado de forma a indicar a opção de instalação por aparelho ou de uma planta em multiplicidade, respectivamente, tendo listados os custos por [MW] instalados e de investimento para implantação das usinas [6].

Em se tratando da tecnologia COPPE, o estudo foi feito considerando-se o pressuposto da operação de 10 módulos para alcançar os 0,5MW de potência proposto (cada módulo possui potência nominal de 50kW).

Uma vez que o projeto se trata de um estudo preliminar, os valores apresentados devem ser vistos com certa cautela para implantação das usinas. Na Tabela II são apresentadas as estimativas de custos de investimentos possibilitando uma análise comparativa das alternativas.

Tabela II - Estimativa de custos de investimentos.

Item	OSPREY	LIMPET	COPPE
Capacidade Nominal [MW]	2MW(1,5 eolica+0,5ondas)	0,5 MW	0,5 MW (10 módulos)
Capacidade da Planta [MW]	20MW(10 aparelhos)	20MW(40 aparelhos)	20MW(40 aparelhos)
Custo de Geração [USD/KWh]	12,857	16,836	0,103
Custo Anual de Operação e Manutenção	3% do investimento	1,5 à 2,7% do investimento	9,7% do investimento
Custo por [USD/MW] instalado	Aproximadamente 3.035.190,00TWh /ano	De 2.800.000,00 à 5.300.000,00 TWh/ano	Aproximadamente 2.820.000,00 TWh/ano
Custo total do investimento [USD]	Planta:Aproximadamente 60.800.000,00 Aparelho:Aproximadamente 6.080.000,00	Planta:Aproximadamente 56.100.000,00 Aparelho:Aproximadamente 1.405.000,00	Planta:Aproximadamente 56.400.000,00 Aparelho:Aproximadamente 1.410.000,00

A coluna de água oscilante OWC foi projetada para aplicações em profundidades de 15 m aproximadamente, sendo adequada para ser instalada na zona avaliada neste estudo. Tal tecnologia apresenta uma alta eficiência se relacionada com a captura de ondas no mar. Contudo, esta alternativa apresenta como desvantagem o fato de possuir um elevado custo de geração o que a torna inviável.

O dispositivo LIMPET é o dispositivo que possui o maior custo de geração e o maior custo por MW instalado, porém a tecnologia está numa fase avançada de desenvolvimento, oferecendo assim algumas vantagens, principalmente no que se refere ao desempenho do seu protótipo em situações reais de operação. Caso sejam utilizados materiais diversificados e mais baratos para a construção da usina podem-se conseguir reduções significativas no custo total do investimento, porém mesmo com essas reduções no custo de investimento ainda não será o suficiente para compensar os altos custos de geração de energia.

Já o dispositivo da COPPE, situado no porto do PECÉM, pode gerar eletricidade com o menor custo de geração (US\$ 0.103/kWh) e um dos menores custos por MW instalado (US\$ 2,820.000.00/MW), sendo competitivo quando comparado com as alternativas., mesmo estando em estágio inicial [9]. Além disso, os testes de modelo revelaram que o protótipo converte o recurso energético com eficiência em torno de 35% equiparando-se aos equipamentos mais eficientes, o que agrega a ele um diferencial. Em se tratando de outra forma de captação de energia das ondas, como a situada no Rio de Janeiro, não houveram testes relacionados ao dispositivo, logo, nenhum dado será adicionado sobre ele no referente trabalho até o momento.

Como foi abordado anteriormente, o dispositivo da COPPE apresenta o menor custo de geração e de instalação, sendo então, a alternativa mais competitiva nos aspectos avaliados. Seguindo as indicações da Eletrobrás, a qual recomenda a escolha da alternativa que apresente o menor custo médio de geração (CMG), o que aponta para a escolha desta tecnologia de aproveitamento da energia das ondas.

Logo, utilizando essa perspectivainicial, as análises feitas ao longo desse trabalho indicam a tecnologia criada pela COPPE para o aproveitamento do recurso energético no país. Em se tratando do ponto de vista econômico, o protótipo da COPPE atende as expectativas, mesmo que existam algumas áreas de incerteza que só poderão ser anuladas a partir da realização de mais testes em condições reais de operação.

VII. CONCLUSÕES

O equacionamento dos desafios ambientais que se põem diante da humanidade requer uma especial atenção aos processos de geração de energia, dada a sua indispensabilidade para o continuado desenvolvimento humano e para o crescimento econômico.

O Brasil apresenta uma relativa eficiência energética do ponto de vista ambiental com sua matriz preponderantemente baseada em geração hidrelétrica. Estimativas das emissões de dióxido de carbono (CO₂) per capita para a geração de energia elétrica apontam para 1,76 toneladas no Brasil, consideravelmente abaixo da média da América Latina, estimada em 4,18 toneladas, e de países como Estados Unidos e Japão, que emitem em média 20 e 9,5 toneladas per capita, respectivamente. Assim, o desenvolvimento da extração de energia de ondas na costa brasileira reafirmaria a posição brasileira em termos de eficiência energética.

Por outro lado, em vista do nível de potência disponível na costa brasileira, com destaque para a Região Sul do país, é razoável admitir-se que os empreendimentos de energia de ondas mais viáveis economicamente serão aqueles mais

afastados da costa, onde o potencial energético das ondas é maior e, portanto, irão se beneficiar de uma maior capacidade de geração de energia elétrica.

Foram apresentadas, neste trabalho, as principais classes de tecnologias disponíveis para tais empreendimentos e a estrutura de custos relacionados com sua a instalação e operação. A estimativa desses custos é parte essencial dos estudos de viabilidade econômica da operação de usinas de energia elétrica com base em ondas marinhas, bem como para a seleção dos tipos de dispositivos a serem utilizados.

O projeto do Pecém já foi iniciado, como visto no trabalho, e após muitos testes, e comos dados obtidos, pode-se afirmar que a tecnologia Nacional, em se tratando de Brasil, certamente é a melhor opção. Assim, pesquisas que estão sendo desenvolvidas e os demais projetos voltados para a inserção dessa tecnologia forem desenvolvidos, partindo-se de esforços conjuntos de laboratórios de pesquisa, da iniciativa privada e do setor governamental apontam para boas perspectivas sobre o aproveitamento econômico da energia das ondas na costa brasileira.

REFERÊNCIAS

- [1] Simpósio Intl. Sustentabilidade – 14 a 16 etembro de sustentabilidade. Acessado em 12 de Novembro de 2013, em: <http://portal.ftc.br/eventos/sustentabilidade/>
- [2] Reis, L.B. S., S. (orgs.) “*Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar.*” São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 284 p
- [3] WAVE ENERGY CENTER – WEC. Wavenet full report. Lisbon, 2003.
- [4] J. M Cruz.; A. J. Sarmento “*Energia das ondas: introdução aos aspectos tecnológicos, económicos e ambientais.*” Portugal: Instituto do Ambiente Alfragide, 2004.
- [5] L.B. dos Reis, “*Geração de Energia Elétrica*”, Manole, São Paulo, 2003
- [6] M. T. Tolmasquim “*Fontes Renováveis de Energia no Brasil,*” Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2003.
- [7] Arquivo da Wave Net: Energia das ondas, Acessado em 13 de Junho de 2013, em: pt.scribd.com/doc/186296142/Energia-Das-Ondas
- [8] T. W. Thorpe “*A Brief Review of Wave Energy*”. Harwell Didcot Oxfordshire UK, 1999.
- [9] M. Legerton. “*A Review of the Prospects for Offshore Wind Energy in the UK*”, paper presented to the UK Wind Energy Advisory Committee, 1997.
- [10] S. F Estefen; A. C. Fernandes; P. T. Esperança et alli. “*Energia das ondas*”. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- [11] ELETROBRÁS. “Manual de estudo de inventario para Pequenas Centrais Hidrelétricas”.
- [12] Ocean Data View, 2013, Acessado em odv.awi.de/