



**GRUPO II
GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS - GPT**

PLANTA PILOTO MAREMOTRIZ DO BACANGA

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Shigeaki Leite Lima* | Oswaldo R. Saavedra Mendez | Nelson José Camelo | José Gomes de Matos |
| NEA-UFMA | DEE-UFMA-NEA | DEE-UFMA-NEA | DEE-UFMA-NEA |

RESUMO

Neste trabalho é feita uma breve exposição sobre a exploração da energia maré-motriz, acompanhada de uma revisão do potencial existente no Brasil. Em seguida é apresentado o estudo de viabilidade de implantação de uma planta maré-motriz na barragem do Bacanga, no Maranhão. São abordadas novas concepções para o uso das estruturas da barragem na geração maré-motriz, de forma a implantar um projeto piloto de baixa potência, com fins de pesquisa e que permita a geração de expertises na formação de recursos humanos e de memória técnica visando à exploração do enorme potencial disponível no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE

Energias Renováveis, Usina maré-motriz; Barragem do Bacanga.

1.0 - INTRODUÇÃO

A utilização de fontes fósseis de energia encontra-se em processo contínuo de exaustão. Porém paralelamente a busca por outras fontes de energia é uma preocupação Mundial, tendo como uma das conseqüências o aumento nos investimentos em fontes renováveis. Isto está permitindo o surgimento de mecanismos de fomento e regulação, como o programa Alemão de redução da vida útil das usinas nucleares de aproximadamente 50 anos para a metade, no qual cada usina desativada representa investimento em outra fonte, tais como solar ou eólica com a mesma potência. A desistência da energia nuclear representa uma grande mudança na política energética, que irá priorizar fontes renováveis (1). O próprio protocolo de Kyoto é indiretamente um desses mecanismos de regulação, pois à medida que regula a injeção de CO₂ na atmosfera, também fomenta o uso de fontes não poluentes. Além disto, têm-se os programas de incentivos, presentes por toda a Europa, com o pagamento de uma tarifa diferenciada para usuários que conectem sistemas fotovoltaicos residenciais a rede elétrica, e outros. No caso do Brasil, as vantagens da energia renovável foram bem delimitadas na proposta apresentada na Rio+10 (2), em que foi explicado que as novas fontes renováveis de energia - como biomassa, pequenas hidroelétricas, eólica e energia solar, incluindo a fotovoltaica - oferecem inúmeras vantagens:

- ☞ Aumentam a diversidade da oferta de energia;
- ☞ Asseguram a sustentabilidade da geração de energia em longo prazo;
- ☞ Reduzem as emissões atmosféricas de poluentes;
- ☞ Criam novas oportunidades de empregos nas regiões rurais, com o incremento na economia das comunidades atendidas;

*Condomínio. Barramar II, 203 - Bloco 2B – CEP 65071-380 – São Luís - MA - BRASIL
Tel.: (098) 3217-8834 - Fax: (098) 3217-8241 - e-mail: nea@dee.ufma.br

☞ Fomenta o desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento de energia de fontes renováveis;
 ☞ Garantir de fornecimento de energia, porque diferente dos combustíveis fósseis, não requerem importação. Segundo dados do Balanço Energético Nacional, mais de 40% da matriz energética do Brasil é renovável, enquanto a média mundial não chega a 14%. No entanto, 90% da energia elétrica do país é gerada em grandes usinas hidrelétricas, devido à abundância em bacias hidrográficas, o que provoca grande impacto ambiental, tais como o alagamento dessas áreas e a conseqüente perda da biodiversidade local, além de outros fatores. Uma saída foi a implementação do Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia (PROINFA) (3), aprovado em março de 2004 (Lei 10762 de 11 de novembro de 2003), no qual o governo federal vai subsidiar 3.300 megawatts de energia eólica, solar fotovoltaica e biomassa. Esta potência, mesmo sendo relativamente pequena, já representa mais do que o dobro da potência de 1.300 MW que Angra III poderia produzir. Outro programa de fomento as fontes renováveis é o CT-Energ, que foi criado para apoiar a pesquisa de novas alternativas de geração de energia.

No Brasil o percentual de geração com fontes renováveis solar e eólica e PCH'S já equivale a 3,1% e pretende-se, através do PROINFA, aumentar para 6% em 2006. Porém a participação de outras fontes energéticas renováveis, devido talvez, a falta de experiência tecnológica, como a geração maré-motriz ainda é de 0% (Figura 1). Este cenário está em contraposição com a disponibilidade de um potencial maré-motriz expressivo nas baías, canais e lagunas, e uma orla de 8,698 mil km de extensão, abrangendo uma área de aproximadamente 388.000 Km². São 285 municípios litorâneos em 17 estados, com 32 milhões de habitantes (4). A zona costeira envolve, ainda, o mar territorial brasileiro, com largura de 12 milhas náuticas a partir da costa. Toda esta amplitude marítima possui um potencial energético a espera de ser explorado, que pode vir complementar eficientemente a matriz energética no Brasil, com uma série de vantagens, que vão desde os aspectos ambientais, até o alívio dos sistemas de transmissão de energia elétrica.

Os sistemas de marés remontam a idade média, quando o uso destes engenhos estava associado a moagem de grãos, do bombeamento de água e uma infinidade de aplicações da engenharia medieval. Já no século XX com o advento dos dínamos, a aplicação dos engenhos de maré passou a receber uma outra denominação, de usinas de marés ou usinas talassométricas. O termo talassométrica vem do grego e significa, talasse de marés e métrica de medida, intensidade. A primeira usina concebida para esta finalidade e com aplicações comerciais está localizada na Costa Bretã da França. A usina talassométrica de La Rance completou em 1997, 30 anos de operação como um sucesso técnico, econômico e industrial e com uma disponibilidade de 90 %, que é um ótimo resultado. No caso desta usina, a água é gratuita e o kWh produzido é competitivo, pois é muito inferior ao empregado pela companhia de eletricidade da França (EDF). Logo é um sucesso industrial porque ocupa lugar decisivo na produção de energia da Bretanha (90%) ($5,4 \times 10^{10}$ watts-hora/ano) e o primeiro lugar no ranking dos sítios de turismo técnico /industrial.

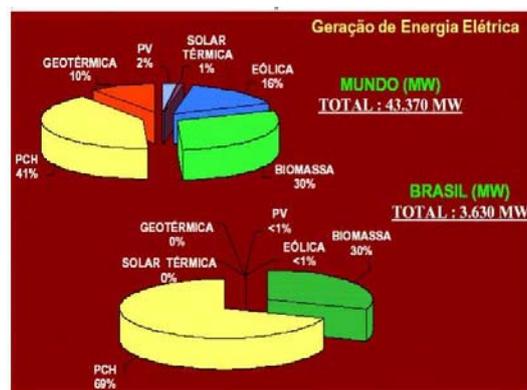


FIGURA 1 – Matriz renovável no Brasil e Mundo (5)

A construção de La Rance serviu de aporte técnico para o projeto de várias outras espalhadas pelo Mundo, como a usina de Annapolis no Canadá, a Severn no Reino Unido, Kislaya na Rússia, e Jiangxia na China (6). Houve também a formulação de novos conceitos nas áreas da engenharia civil, elétrica, e meio ambiente, fortalecimento da indústria nacional, fomento ao desenvolvimento de novos modelos de turbinas e barragens, além de alcançar o estado da arte em geração maré-motriz com a formação de massa crítica e capacitação profissional.

Motivada pelo sucesso de La Rance, a Eletrobrás encomendou em 1980 um estudo objetivando levantar o potencial maré-motriz do Brasil, de forma a identificar regiões que apresentam condições satisfatórias, tais como ótimas características topográficas e acentuadas amplitudes de marés. Este estudo foi concluído com o levantamento dos pontos de maior variação de marés na orla brasileira. Os resultados do relatório denominado "Aproveitamento Maré-motriz na costa do Maranhão-Pará-Amapá" indicaram a existência de 41 baías (Figura 2)

onde a amplitude de maré era da ordem de 5,0 metros e as condições topográficas facilitariam o barramento, sendo, portanto viáveis para a geração maré-motriz. Esses locais identificados correspondem a uma área de aproximadamente 5000 Km² e o potencial energético estimado em 72 milhões de MWh. Na Tabela 1, são apresentadas algumas localidades do litoral do Maranhão, com potencial de geração maré-motriz.

TABELA 1 – localidades maranhense com potencial maré-motriz

| Local | Altura da maré (m) | Área da baía (Km²) | Potencia extraível (MW) | Energia (10³ MWh) |
|------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Baía de Turiaçu | 4,7 | 616 | 3402 | 9114 |
| Baía dos Lençóis | 4,7 | 316 | 1745 | 4675 |
| Baía de Cumã | 4 | 232 | 928 | 2486 |
| Baía de São José | 4,3 | 451 | 2084 | 5585 |
| Baía do Bacanga | 4 | 15 | 60 | 160 |

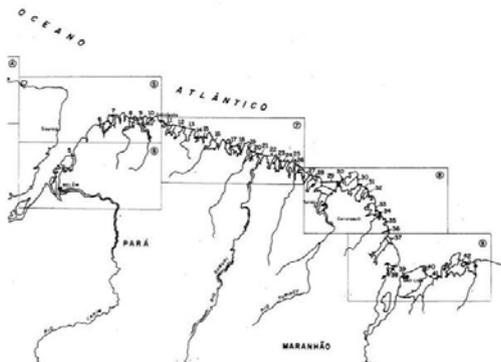


FIGURA 2 – Localidades Maranhão-Pará (7)

Os cálculos para a determinação da potência e energia extraíveis em sistemas maré-motriz, apresentados na Tabela 1, foram obtidos através das expressões de Bernshtaein, onde a capacidade de usinas maré-motriz não deve ser expressa em função das quedas e das descargas, mas sim da área do estuário, ou dos volumes acumulados e do desnível da maré. Supondo arbitrariamente que não há gradientes de superfície, ou seja, que a bacia enche instantaneamente, a potência bruta de um estuário e a energia potenciais são dadas pelas expressões (8): $P = 225 \cdot \Delta H^2 \cdot F$, onde P é a Potencia (kW); ΔH^2 é a amplitude da maré (m) e F a área do estuário (Km²) e $E_{pot} = 1,97 \cdot \Delta H^2 \cdot F$ que corresponde a energia potencial (kWh/ano).

Os resultados do relatório “Aproveitamento Maré-motriz na costa do Maranhão-Pará-Amapá” sugerem a elaboração de um modelo piloto de geração maré-motriz nessas regiões/localidades que venha contribuir no desenvolvimento e consolidação da tecnologia, além da formação de massa crítica, geração de emprego e renda, novos direcionamentos a indústria nacional, de forma que o país domine o estado da arte e possa implantar esses sistemas em outras regiões pesquisadas. É valido ressaltar que a razão da costa maranhense ter sido escolhida para o estudo supracitado está relacionada com a facilidade de acesso a um grande número de baías com potenciais expressivos de geração, localizadas numa extensão costeira que é a segunda maior do país, com algo em torno de com 240 km de extensão (9).

Ao ser abordado na Tabela 1 algumas localidades maranhenses, foi pretendido informar as características de geração das baías e em particular do Bacanga, pois esta foi a localidade que a partir de um projeto de barramento do rio Bacanga, tentou-se fomentar a implantação de uma usina maré-motriz que contemplaria todos os ideais abordados e poderia ser o piloto para a construção de outras, sendo este um dos argumentos que se pretende enfatizar na elaboração deste trabalho.

2.0 - GERAÇÃO MAREMOTRIZ NO MARANHÃO

Ao se pesquisar sobre a história das energias renováveis no Maranhão, poucos fazem referência à Barragem do Bacanga, atual via de acesso ao Porto do Itaqui, UFMA e bairros circunvizinhos (Figura 3), porém, durante o processo de planejamento de construção da barragem, foi pensado no aproveitamento da mesma, para implantação de um sistema piloto de geração de energia elétrica a partir das marés.

O projeto executivo foi elaborado no período de novembro de 1966 a junho de 1967, pela empresa SONDOTECNICA, atendendo a solicitações de se prever uma eclusa junto ao vertedouro, bem como do alargamento do coroamento da obra de 10 m para 20 m(10); solicitado pelo Departamento Nacional de Portos e (Portobrás) e pelo Departamento de Estradas Rodoviárias - DER/MA. A introdução de uma eclusa tinha o objetivo de manter o trecho mar/reservatório navegável, porém esta obra não foi realizada.



FIGURA 3 – Barragem do Bacanga (circulado) (11)

As obras de construção da barragem somente foram iniciadas em 1968 e finalizadas em 1973, havendo várias paralisações ao longo destes anos. No mesmo período (1968), foi sugerida ao governo do Estado a implantação da usina maré-motriz anexa à barragem e que justificaria as dimensões do vertedouro ali existente. A idéia de implantação de um projeto de geração maré-motriz foi retomada na década de 80, com base no estudo realizado de determinação dos potenciais de geração de energia na costa do Maranhão, mesmo não tendo sido contemplada na execução da obra da barragem a infraestrutura necessária para a implantação de um projeto desse tipo.

Ao longo desses mais de 30 anos após a sua conclusão (1973), a barragem do Bacanga tem servido apenas de ligação urbana e, precariamente, como reguladora de água, pois a ausência de manutenções periódicas levou a prejuízos consideráveis, como a perda da comporta central (de um conjunto de três) e o solapamento da terceira, fazendo com que as duas fossem isoladas (12). Isso diminuiu a capacidade de renovação de água para as funções sanitárias e regulação de fluxo no período de chuvas ou marés de sizígia.

Já no século XXI, 2003, a Secretaria de Infra-estrutura do Estado contratou um estudo de avaliação do estado estrutural da barragem, com o objetivo de indicar as intervenções corretivas e preventivas necessárias (13). O relatório de avaliação indicou que existem sérios problemas que comprometem a eficiência funcional e estrutural da obra, tendo sido inclusive demonstrado que a mesma está em processo acelerado de colapso estrutural. Pode-se citar como os mais prejudicados a estrutura das pontes, vertedouro, comportas, ombreiras e adutora do sistema de abastecimento d'água de vários bairros, que utiliza a barragem com ponto de passagem (Figura 4).

O interesse despertado pelo Estado em realizar as obras de recuperação fez renascer a perspectiva de geração maré-motriz, porém devido às condições do próprio estuário e do processo de assoreamento causado durante todos estes anos, a potência de geração foi comprometida, se analisada do ponto de vista quantitativo para fins comerciais, mas por outro lado, favorece a instalação de uma turbina de baixa potência para a formação de uma usina piloto.



FIGURA 4 – Ombreira e adutora comprometida

3.0 – RAZÕES ATUAIS QUE JUSTIFICAM A CONSTRUÇÃO DA USINA PILOTO DO BACANGA

Apesar da condição técnica do potencial de geração indicar que a exploração econômica não é viável, devido ao assoreamento, bairros marginais em cotas inferiores ao ideal para geração, etc., ainda é possível pensar na alternativa de implantar um projeto piloto de maré-motriz de baixa potência, com fins de pesquisa e capacitação de pessoal, tendo em vista as razões a seguir:

- ☞ A região do Maranhão apresenta inúmeras áreas com potencial maré-motriz a ser explorada. A planta piloto permitirá gerar conhecimento e experiência de forma a desenhar um modelo replicável para esses estuários;
- ☞ No Brasil não há experiência com este tipo de geração, sendo necessário à formação de recursos humanos e criar uma memória técnica no assunto;
- ☞ O posicionamento geográfico da Barragem, próxima do Campus da UFMA, permite que a Universidade participe ativamente no Projeto;
- ☞ Há necessidade de melhoramento das condições da barragem do Bacanga, visando torná-la um ponto de atração pela natureza inovadora no Projeto.

Todos os dados citados que relacionam as relevâncias e os objetivos a qual a nova obra estaria submetida, precisam ser validados com a busca de informações que possam fornecer a potência e energia extraível do estuário nas condições atuais, e isto é realizado com as medições de vazão, amplitude de maré e determinação da área do reservatório para poder estimar a unidade de geração a ser implantada.

4.0 - ESTIMAÇÃO DA UNIDADE DE GERAÇÃO

Como é visto na Figura 5, a capacidade de geração depende do diferencial de marés, sendo que ela varia duas vezes por dia. Portanto, tem-se plena geração quando a diferença de marés é máxima ou acima de um valor de referência, e tenderá a zero quando os níveis se aproximem.

Todos os dados citados que relacionam as relevâncias e os objetivos a qual a nova obra estaria submetida, precisam ser validados com a busca de informações que possam fornecer a potência e energia extraível do estuário nas condições atuais. Para isto, há necessidade de realizado de medições de vazão, amplitude de maré e determinação da área do reservatório para que possa ser estimada a unidade de geração a ser implantada.

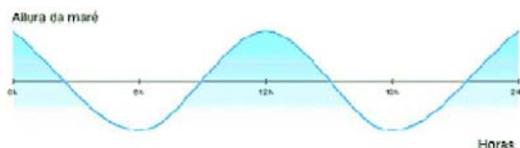


FIGURA 5 – Variação das marés

Para que seja realizada a determinação das potências extraíveis da barragem é necessária a definição das cotas máximas e mínimas possíveis no reservatório, queda mínima necessária e descargas máximas para geração. O que se pode estimar é baseado nos estudos teóricos realizados durante a elaboração do projeto conceitual, em que foram determinadas cotas, quedas e descargas imaginárias, baseadas em uma curva de variação de marés teórica com variação média de 5,0 metros (14). Para calcular a potencialidade do estuário foram utilizadas as formulas matemáticas de Bernshtein.

Dada que as condições físicas do estuário não se alteraram no período transcorrido, pode-se afirmar que o potencial para geração elétrica permanece o mesmo. Em trabalho de campo realizado pela equipe NEA, obteve-se a foto por satélite da barragem e pôde-se calcular a área do reservatório em 3 Km², o que resulta, para uma cota de 2,5 m, em um volume de 7,5 milhões de m³.

O nível da cota máxima do reservatório é fundamental para estabelecer quanto uma usina gerará (e por quanto tempo). Esta cota está limitada pela ocupação de áreas originalmente alagadas. Correntemente, a cota usada está na faixa de 2.5-3.0 m (não há uma regra operacional clara). Porém, é discutido a possibilidade de aumentar esta cota com algumas obras de contenção. Considerando esta hipótese, estima-se que seja adequada a instalação de uma unidade geradora da ordem de 0.5 a 2 MW. Para uma avaliação mais precisa, é necessário um estudo detalhado que deve ter como produto final o projeto da usina.

5.0 - BENEFÍCIO ENERGÉTICO PARA O CAMPUS DA UFMA

O Campus da UFMA tem contrato de fornecimento de energia elétrica com a CEMAR, com uma demanda de potência contratada de 1.75 MW, sendo que já houve demandas máximas que ultrapassaram esse valor. O consumo médio no ano 2000 era de 394000,00 KW-h por mês, contabilizando um custo médio de R\$46.000,00 por mês. Nos valores atuais isso equivale a mais ou menos a R\$70.000,00. Esse consumo cresceu consideravelmente nestes quatro últimos anos. Teoricamente, a necessidade do Campus será atendida plenamente nos intervalos quando há geração disponível da usina maré-motriz. Pode-se estimar, idealmente, que apenas metade desse consumo deverá ser comprada da concessionária, havendo, portanto, uma economia de 50%, no montante nada desprezível de R\$35.000,00 por mês.

6.0 - IMPACTO AMBIENTAL

Quando se fala em geração de energia elétrica através da água normalmente se relaciona com usinas hidrelétricas, no qual representa para o Brasil, 90 % da matriz energética. As usinas hidrelétricas têm como principal produto a geração de energia, contudo para que isto ocorra, necessita-se da construção de grandes reservatórios de água, e que são os principais responsáveis por impactos ambientais irreversíveis, sendo presentes em três fases distintas:

- ☞ Durante à construção dos reservatórios;
- ☞ Enchimento e
- ☞ Operação.

Esta classificação de impactos pode ser positiva ou negativa dependendo das proporções da obra. Mesmo no caso de uma barragem de pequeno porte como a do Bacanga, é óbvio observar que ocorreram algumas modificações, quer seja sedimentológicas, quer seja na fauna e flora. Porém não houve nem haverá os seguintes impactos comuns em construções de barragens:

- ☞ Perda dos marcos históricos e antropológicos com a criação do reservatório;
- ☞ Êxodo rural resultante do deslocamento das comunidades ribeirinhas em função do represamento e alagamento das áreas baixas e
- ☞ Aumento do desemprego, devido ao grande número de ofertas de emprego no início da construção muitas pessoas ficam desempregadas com o termino da obra.

O efeito causado por uma maré-motriz é facilmente demonstrado em La Rance, pois ao subir o nível da água a 2.5 metros, foi introduzida uma nova cota de água, que causou alterações no bioma do estuário. Estas mudanças do nível do mar podem alterar a formação de reservas subterrâneas de água doce. Preocupado com os impactos, o Governo Francês em 1995 investiu 3 milhões de francos franceses em pesquisas para diagnosticar as condições reais do estuário, que embora tivesse tido variações no nível da água e conseqüentemente na distribuição geográfica dos sedimentos, os resultados da pesquisa demonstraram um equilíbrio sedimentar apontando a uma evolução natural⁽¹⁵⁾. No que se refere à Barragem do Bacanga, por ela já existir (e conseqüentemente, alguns problemas), a instalação de uma usina maré-motriz apresenta vários aspectos favoráveis. Segundo a especialista na área, Prof^a. Dra, Flávia Mochel, alguns destes aspectos são:

- ☞ Tornar mais regular o intercambio das águas, permitindo uma melhor oxigenação auxiliando o problema de saneamento (atualmente, o lago é o receptor de todo o esgoto dos bairros adjacentes);
- ☞ Melhorar a qualidade e variedade de peixes, permitindo uma melhoria de qualidade de vida dos pescadores;
- ☞ Melhorar a flora de mangues e tudo o que decorre deste fato.

Em conclusão, não há indícios que a instalação da planta piloto venha causar algum tipo de impacto negativo seja na flora/fauna, assim como no aspecto sócio econômico da área do Bacanga. Podem ser esperados alguns impactos positivos em relação à situação atual do estuário, mais ainda são difíceis de quantificar, precisando-se de um estudo mais detalhado.

7.0 - CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou fazer um levantamento de informações técnicas históricas e atuais sobre a barragem do Bacanga, com o intuito de estruturar um documento inicial para o Projeto de uma Usina piloto maré-motriz no Bacanga, em São Luís do Maranhão. Destacam-se os seguintes:

- ☞ Apesar dos estudos realizados pela Consultora Sondotécnica, que conclui a inviabilidade econômica da instalação de uma usina nos moldes do Projeto original, a alternativa de uma planta piloto é perfeitamente válida. As razões que a justificam foram apresentadas na seção 3.
- ☞ O projeto tem características estratégicas, pois permitirá desenvolver conhecimento em uma área onde não temos memória técnica. - A replicabilidade do Projeto para as várias bacias inexploradas da Região.

☞ A barragem deverá ser submetida a uma intervenção na sua estrutura. Dada essa conjuntura, é recomendável que sejam realizados contatos com a Secretaria de Infra-estrutura do Maranhão, visando integrar os dois projetos em um só para otimizar de recursos.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) DW-World.de – DEUTSHE WELLE. [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.dw-world.de/dw/article/0,1564,355833,00.html>. Arquivo capturado em 15 de novembro de 2004.
- (2) GREENPEACE Brasil, As vantagens da Energia Renovável. [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL:http://www.greenpeace.org.br/energia/?conteudo_id=620&sub_campanha=0&img=15. Arquivo capturado em 16 de novembro de 2004.
- (3) COMCIENCIA, Proinfa incentiva fontes alternativas de energia. [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/12.shtml>. Arquivo capturado em 16 de novembro de 2004.
- (4) Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Lideranças. [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.lead.org.br/article/view/1038/1/179>. Arquivo capturado em 17 de novembro de 2004.
- (5) BRASIL. CEPEL/CRESESB. Apresentação sobre Energia Renovável: Panorama Geral e Político. Rio de Janeiro, RJ, 1999. 20p.
- (6) BARREAU, ALAIN. Communication Introductive. LA HOULLE BLANCHE, Revue Internationale De L'eau. 3: 13, 1997.
- (7) BRASIL. ELETROBRÁS. Relatório sobre o Aproveitamento Maré-motriz na costa do Maranhão-Pará-Amapá. Rio de Janeiro, RJ. 1980.
- (8) BERNSHTEAEIN, L. B. Tidal energy for electric power plants, 1965. p. 278. v.1.
- (9) BDT – Base de Dados Tropical. [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.bdt.fat.org.br/workshop/costa/norte/introducao>. Arquivo capturado em 02 de dezembro de 2004.
- (10) BRASIL. ELETROBRÁS. Relatório de Estudo do aproveitamento hidroenergético do rio bacanga. Rio de Janeiro, RJ. 1980.
- (11) Governo do Estado do Maranhão. ZEEMA [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.zee.ma.gov.br/>. Arquivo capturado em 02 de dezembro de 2004.
- (12) BRASIL. ELETROBRÁS. Relatório sobre o Aproveitamento hidroenergético do estuário do bacanga através de uma usina de maré-motriz. Rio de Janeiro, RJ. 1980.
- (13) PROENGE S.A. (2003), Projeto Básico de Engenharia para Reforma do Sistema de Comportas e Obras Complementares da Barragem do Bacanga, São Luís, MA, Junho 2003.
- (14) BRASIL. ELETROBRÁS. Relatório sobre o Estudo preliminar de variantes para a usina piloto. Rio de Janeiro, RJ. 1980.
- (15) LIMA, Shigeaki Leite de; SAAVEDRA, O. R.; BARROS, A. K. ; CAMELO, N. J. Projeto da Usina Maremotriz do Bacanga: Concepção e Perspectivas. In: 5TH LATIN AMERICAN CONGRESS ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION, São Pedro, UNESP, 2003. p. 1-6. v.1.