

PROJETO DA USINA MAREMOTRIZ DO BACANGA: CONCEPÇÃO E PERSPECTIVA

SHIGEAKI L. LIMA*, O. R. SAAVEDRA†, A. K. BARROS‡, N. J. CAMELO§

*Núcleo de Energias Alternativas, Depto. de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
65085-580, São Luís, MA, Brasil

Email: neaufma@yahoo.com.br, osvaldo@dee.ufma.br, allan@dee.ufma.br,
ncameloo@dee.ufma.br.

Resumo— Dentre as iniciativas de aplicação de fontes de energias alternativas no Estado do Maranhão, houve um prolongado uso do vento e da força hidráulica dos rios e das marés durante o período que corresponde aos séculos XVIII e XIX, e que tiveram importante influência no processo econômico da época. Já no século XX (1970), houve estudos de viabilidade energética das marés como fonte geradora de eletricidade. Um destes projetos está relacionado com a obra da Barragem do Bacanga, que devido a uma sequência de fatos teve apenas a concepção parcial da obra (vertedouro e reservatório). Neste trabalho apresenta-se uma revisão dos estudos de geração talassométrica da Barragem do Bacanga, considerando o contexto histórico político e econômico, partindo da revisão técnica do mesmo, para posteriormente citar os fatos que conduziram ao estado atual. É realizada uma análise das possibilidades atuais de reaproveitamento de potencial remanescente bem como das instalações existentes.

Key Words— Usina Talassométrica; Maré-Motriz; Energias Alternativas; Eficiência energética.

1 Introdução

Devido ao processo natural da variação das marés, resultante da ação gravitacional que a lua e o sol exercem sobre a Terra (Fig. 01), há séculos o homem vem obtendo trabalho e geração útil de energia (energia potencial). Para isto, foram desenvolvidos uma variedade de dispositivos, dos quais o engenho de maré se sobressai, tanto na moagem de grãos, bombeamento de água, quanto em outras aplicações (Associação Nacional de Cruzeiros, 1999).

Atualmente, 20 % da eletricidade do mundo é hidroelétrica. Nesse processo a energia é gerada através de grandes barragens fluviais que represam a água dos rios e as direcionam para as turbinas. No caso do Brasil a matriz elétrica é 92 % hidroelétrica (FRANÇA Paulo M., 1995).

Contudo, a realização de projetos hidrelétricos está diretamente associado a impactos ambientais e sociais nestas regiões, pela necessidade de represamento com inundação de áreas de fauna e flora causando um deslocamento compulsório de comunidades ribeirinhas. Uma alternativa é a exploração de outras fontes de energia, dentre estas a mare-motriz.

Neste trabalho apresenta-se uma revisão dos estudos de geração talassométrica da Barragem do Bacanga, considerando o contexto histórico político e econômico, partindo da revisão técnica do mesmo, para posteriormente citar os fatos que conduziram ao estado atual. É realizada uma análise das possibilidades atuais de reaproveitamento de potencial remanescente bem como das instalações existentes.

2 O uso da Energia das Marés no Mundo

Há vários estudos e projetos para o uso racional da energia das marés, no qual se usam turbinas de grande porte em áreas com grandes variações de maré, a fim de obter a geração elétrica em escala comercial.

Outros projetos com apoio de governos, instituições de pesquisa e empresas privadas já estudam a viabilidade da construção de uma Usina de marés em Cape Keraudren, Port Hedland (Pilbara-Austrália). As pesquisas empreendidas envolvem definição dos locais apropriados, impactos ambientais e sociais para as comunidades locais, além da capacidade total para geração.

Proposta para entrar em operação em agosto de 1998, foram investidos 125 milhões de dólares para a construção da Usina maré-motriz de Derby (Austrália), com capacidade de geração de 48 MW, resultando em 200 GWh/ano. Este projeto beneficiaria 20 mil residências, todavia problemas de natureza ambiental, social e econômica promoveram bastante discussões em torno de sua viabilização (Gannon Media Services, 2000).

Em Dalupiri nas Filipinas (1999), 2.79 milhões de dólares foram investidos na geração de uma usina maré-motriz com potência de 2200 MW, que será posta em operação em seis anos. Essa obra se tornará economicamente viável a longo prazo (25 anos), e será realizada em quatro etapas.

Dentre todas as iniciativas de construção de usinas maremotrizes, a usina de Severn em Bread Down, será o maior empreendimento já feito pelo homem nos últimos tempos, no que tange as obras a serem realizadas. Com um orçamento de 8 milhões de dólares, terá 16 quilômetros de exten-



Figura 1: Dalupiri
(O'CONNELL'S Suzanne, 2000)

são, 216 grandes turbinas, podendo gerar até 8640 MW (7% de eletricidade da Inglaterra e Gales). A construção está estimada em sete anos, com perspectiva de início de operação após dois anos, quando o reservatório esteja cheio.

Estima-se que brevemente o consumo de combustível fóssil será substituído por fontes renováveis tais como a energia das marés. Porém, como toda fonte de energia, existe a necessidade de cuidados no desenvolvimento dos projetos, levando em consideração os impactos associados como no caso dos ambientais e sociais, que devem ser minimizados de forma a não provocarem danos à vida marinha, nem às comunidades que vivem nestas localidades.

Logo, é necessário não só aperfeiçoar a geração de eletricidade, mas minimizar perturbações ao ambiente local e assegurar sua viabilidade a longo prazo. Como as usinas de marés oferecem preços de eletricidade estáveis, que não variam com o petróleo, não permite flutuações de mercado e a vida operacional esperada pode chegar a 120 anos.

3 Usinas Talassométricas

O Termo “Talassométrica” vem do grego *thalasso*, que significa mar, água do mar e *métria* de medida, intensidade, desta forma as usinas Talassométricas são aquelas que geram energia em decorrência da intensidade da maré. No mundo, há várias usinas em operação com alguns megawatts de potência instalada, funcionando interligadas ou não as redes de distribuição de energia. Como exemplo pode citar: (Geographical Magazine, 2001):

- Kislaya (Rússia);
- Jiangxia (China);
- Annapolis (Canadá);
- La Rance.

Outros locais onde a energia das marés poderia ser viabilizada, inclui áreas na Baía de Fundy, no Canadá, com variação de 10.8 m, a maior no mundo, que produziria aproximadamente 30 mil MW, 50 % da energia dos EUA, e o estuário de Severn na Inglaterra com variação de 8.8 m, podendo gerar até 10 % da eletricidade daquele país (12 GW) (BAIRD Stuart, 1993).

Em particular, a costa Britânica apresenta boas perspectivas de viabilidade econômica para usinas de maré-motriz, sendo válido afirmar que aproximadamente 90 % do potencial maré-motriz está localizado em seis grandes estuários (Tidal e Wave Power, 2000):

- 1-Severn;
- 2-Dee;
- 3-Morecambe bay;
- 4-Solway;
- 5-Humber;e
- 6-Wash.

A exploração destes estuários pode dinamizar a geração a baixo custo, ou melhor, a custos competitivos. Evidentemente, existe no mundo outros locais com potencial para megaprojetos - como é apresentado no mapa da Figura (9) e descrito na tabela (1) com as potencialidades de geração em GW e o nível de variação das marés - todavia também existem locais que podem ser explorados pequenos potenciais. Pensando nisto, e como o objetivo de viabilizar grandes e pequenos empreendimentos neste setor, algumas empresas começaram a desenvolver turbinas de uso comercial que possam ser interligadas à rede, com potências que variam de 250-500kW e com alto ganho em desempenho e eficiência ($\geq 80\%$).

O método utilizado para prever a efetividade e custos destas usinas está relacionado com a quantidade de energia disponível nas marés, da variação das marés e da área da baía, sendo expresso pela relação de Gibrat (Urban Environmental, 2000):

$$Gibrat_{ratio} = \frac{C_{metros}}{Pea_{kWh}} \quad (1)$$

Onde C é a razão do comprimento da barragem (metros), pela produção de energia anual (kWh/ano); desta relação temos que, quanto menor o valor da razão, mais desejável é o local para geração. Alguns exemplos:

- La Rance (França) - 0.36;
- Severn (Reino Unido) - 0.87;e
- Passamaquoddy na Baía de Fundy (Canadá) - 0.92.

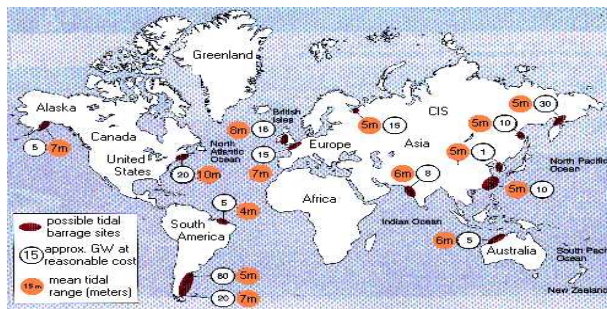


Figura 2: Possíveis locais p/ geração[5a] (Tidal Electric Inc, 2000)

É importante informar que uma das primeiras usinas talassométricas a ser construída foi a planta de marés no estuário de La Rance na França, em 1966, que apresenta uma média relativa de marés de oito metros com capacidade instalada de 240 MW, formado por 24 turbinas em 750 m de dique(EDF Electricité de France, 2000), e que produzem energia suficiente para abastecer uma cidade de 300 mil pessoas. La Rance apresenta tanto importância histórica quanto tecnológica, uma vez que serviu de modelo para vários projetos de usinas em vários países, por exemplo no Brasil quando foi elaborado em 1970 o projeto conceitual de uma usina talassométrica na foz do Rio Bacanga em São Luís, Maranhão, a qual se refere este trabalho.



Figura 3: Talassométrica de La Rance

4 Custos do sistema de maré

O custo de construção e manutenção de uma usina de marés varia, dependendo das características biológicas, geográficas e geológicas do local. Por exemplo, a construção de um sistema como a de Severn na Inglaterra, ficaria em torno de US\$ 15 bilhões. Outros exemplos foram citados ao longo do texto e são:

- US\$ 125 mil em Derby (Austrália), 48 MW;
- US\$ 2,79 milhões em Dalupiri (Filipinas), 2200 MW;
- US\$ 8 milhões em Severn (Bread Down), 8640 MW;

Os custos de uma maré-motriz variam de lugar para lugar devido ao valor da obra e disponibilidade de material. Também, a extensão do projeto, favorece um valor mínimo por kWh produzido. Assim, os grandes projetos são mais econômicos do que os pequenos. Para uma usina de 100 MW, o capital investido é estimado em 1200 a 1500 US\$ por kWh produzido a um custo de operação mínimo de 0,005 US\$ por kWh.

5 Barragem do Bacanga

As obras de construção da Barragem do Bacanga, atual ligação entre São Luís e o Porto do Itaqui pela BR-315 (Figura 5), foram iniciadas e concluídas entre as décadas de 60 e 70 (século XX). Todavia, os fundamentos que justificaram a construção da barragem, não tem sido adequadamente documentados, o que gerou uma série de especulações sobre a real concepção da obra(ELETROBRÁS, 1980a):

- Geração de energia elétrica;
- Reduzir a distância ao Porto de 36Km para apenas 9km, o que era bastante significativo para o crescimento do Porto do Itaqui; ou
- Formação do lago artificial para auxiliar no processo de urbanização e de saneamento da cidade.

As indagações feitas pelo NEA levam a inferir que a razão primária a qual a obra estaria designada, seria realmente a necessidade de reduzir a distância usando a alternativa mais barata, que foi o aterro com vertedouro de concreto. O cenário físico constituído induziu as autoridades da época a iniciar os estudos de exploração da energia produzida pela diferença das marés. Outro aspecto que influenciou esta motivação foram os projetos de La Rance (França) e Annapolis (Canadá), já referidos nas seções anteriores.

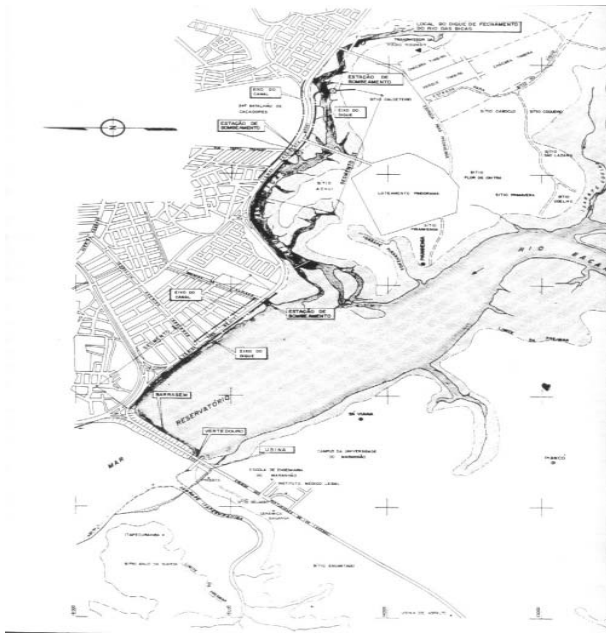


Figura 4: Barragem do Bacanga

6 Barragem

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

As obras de construção da barragem somente foram iniciadas em 1968 e finalizadas em 1973, havendo várias paralizações ao longo destes anos. No mesmo período (1968), foi sugerido ao governo do Estado a implantação da usina maré-motriz anexa a barragem e que justificaria as dimensões do vertedouro ali existente.

Quanto a elaboração da barragem em 68, o projeto compreendeu as seguintes estruturas principais, e foi idealizada para funcionar da seguinte forma:

6.1 Dados técnicos

- A barragem foi construída parcialmente com aterro hidráulico até a cota +6,0m, complementado com solo lançado até a cota +8,4m;
- Em uma das extremidades, um vertedouro de concreto, de 42,5m de largura, com três vãos de 12,5m munidos de comportas-setor (6,0 x 12,5 m), permitindo um escoamento dirigido e controlado, sendo acionados por um mecanismo de levantamento elétrico, simul-

tanemente, e de preferência quando o nível do reservatório alcançasse a cota máxima;

- O aterro possibilitaria acumulação de água até 6,5m (admitida como cota máxima de preamar) e o vertedouro o enchimento e o esvaziamento do lago artificial criado; sobre o vertedouro uma ponte de concreto armado capaz de assegurar a continuidade da travessia.

7 Projeto Conceitual para geração Maré-motriz

No período de julho de 1977 a novembro de 1978 a Eletrobrás mobilizou algumas empresas a estudarem aspectos distintos sobre o aproveitamento hidroenergético do estuário, porém somente após a viagem de técnicos brasileiros à Europa e ao Canadá em setembro de 1980, é que elaborou-se o projeto conceitual para geração maré-motriz.

Com vista nas visitas feitas a usinas em operação, em implantação e em fábricas de equipamentos, ficou decidido em acordo entre a Sondotécnica (Empresa consultora contratada) e a Eletrobrás a utilização de duas alternativas:

- 1 - grupo turbogerador bulbo;
- 2 - grupo com gerador periférico.

A inclusão do segundo item se deveu a alguns fatos constatados na viagem, como por exemplo, a usina de Annapolis Royal - Baía de Fundy/Canadá apresentar características similares as do Bacanga e utilizar geradores periféricos. Outra situação é devido ao custo inferior aos bulbos, maior potência e conseqüentemente maior geração de energia.

A usina seria implantada à margem esquerda do estuário por razões geotecnológicas e construtivas, pois teria que ser construída a "seco", com o mínimo de interferência ao tráfego local, além de utilizar geradores da mesma potência, com a subestação elevadora e transformadores localizados no piso superior.

O anteprojeto definia para a alternativa 1, o uso de 6 turbogeradores bulbo de 4500 kW funcionando em simples (geração de 56300 MWh/ano); e para alternativa 2, três grupos periféricos de 11340 kW em simples efeito (geração de 59600 MWh/ano), por apresentar custo inferior ao duplo efeito e contar com a possibilidade da fabricação Nacional.

7.1 Estudos do aproveitamento hidroenergético

Tendo em vista a grande importância de pesquisa sobre geração maré-motriz, a Eletrobrás deu início à primeira fase de estudos do aproveitamento hidroenergético do estuário (1977-1978), considerando que a região da baía de

São Marcos apresenta ocorrências de marés de grande amplitudes (5 a 6,5 m), além de poder ser aproveitada as estruturas já existentes da Barragem(ELETROBRÁS, 1980b).

Os estudos iniciais para a viabilização da usina abrangiam inicialmente o levantamento de dados tipo-hidrográficos, sedimentalógicos e hidrodinâmicos (correntes, marés, salinidade, ondas, etc), necessários para se fazer uma avaliação preliminar da potência e da energia disponível.

O objetivo principal do desenvolvimento do estudo era o do aproveitamento da barragem existente no estuário do Bacanga, para instalar uma usina de maré-motriz e conseqüentemente familiarizar engenheiros e técnicos brasileiros com a utilização da energia das marés em águas equatoriais, além de proporcionar à indústria nacional, experiência na fabricação de equipamentos para usinas de maré-motriz.

7.2 Análise hidroenergética

Nesta análise foi quantificado em primeira ordem, as potencialidades hidroenergéticas do estuário do Bacanga, no qual foram definidos alguns parâmetros:

- a) Definição das cotas máximas e mínimas possíveis no reservatório, queda mínima necessária e descargas máximas para geração;

a.1 Condições de geração

Devido a existência de várias alternativas de geração, nesta primeira etapa as variantes foram analisadas considerando:

- Usina de geração em simples efeito, sem bombeamento auxiliar e no sentido reservatório-mar;
- Cotas máximas do reservatório - 4,50m a 5,50m;
- Quedas mínimas de geração - 2,00, 3,00 e 4,00m;
- Descargas máximas de geração - 150,300,450,600,750,900,1050,1200 e 1350m³/s.

- b) Definição da maré a ser estudada;

- Baseando-se na previsão de marés para o porto de São Luís do Maranhão, no ano de 1978, foi definida a curva de frequência das amplitude de maré.

Através da curva de frequência e com base no registro maregráfico, pode-se obter a maré média teórica de 4,5m (com frequência de 50%).

- c) Avaliação das potencialidades para cada variante de operação;

- As alternativas analisadas foram 05 variantes envolvendo cota máxima no reservatório e queda mínima para a geração, em função da frequência, vazão e energia produzida, como apresentado no gráfico da Figura 6, sendo que das 5 variantes optou-se em apresentar apenas as 4 mais significativas.

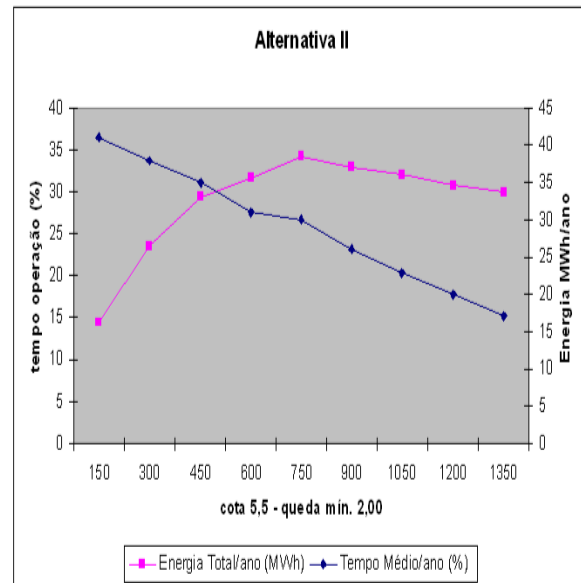


Figura 5: Gráfico de análise hidroenergética

Da análise feita a partir do gráfico (alternativa II(ELETROBRÁS, 1981a)) pode-se concluir que:

- Não são viáveis tecnicamente operações da usina para cotas máximas inferiores a 4,50m;
- A utilização plena da usina com geradores em simples efeito, operando em cota máxima de 5,50m e queda mínima de geração de 2,0 m(Alternativa II), pode-se atingir uma potência máxima de 15MW, o que corresponde a uma geração de 34.000 MWh/ano e frequência de funcionamento de 30%;
- A geração de energia poderá ser sensivelmente elevada se o sistema for utilizado geradores em duplo efeito conjugadas com um sistema de comportas e/ou de bombeamento, o que possibilitará um aumento de energia em mais de 60% (valor estimado com base nos estudos efetuados para a usina de La Rance);
- A elevação do nível máximo de operação de 4,50m para 5,50m representa um ganho de energia de aproximadamente 15.000 MWh/ano (Alternativa I e II).

Estes são resultados preliminares, uma vez que a curva cota X volume do reservatório somente

é conhecida, com segurança, até a cota +4,00m, sendo que a área entre as cotas +4,00m e 6,00m extrapoladas de forma visual, com base nas curvas cota X volume definidas anteriormente.

A realização da obra para geração maremotriz é realizável e produzirá 60000 MWh/ano, a 4,94 Cr\$/kWh produzido, tanto com geradores bulbo quanto com geradores periféricos. Os custos associados são da ordem de 250 milhões de cruzeiros para utilização da barragem e do vertedor e 270 milhões para as obras de proteção da Avenida e dos bairros marginais.

8 Situações não Previstas

Depois de elaborado o projeto conceitual e partindo para a realização do cenário físico, esbarrou-se em diversos acontecimentos que ocorreram durante os anos de 1973 a 1980 e que modificaram as configurações ideais de operação da Barragem. Dentre estes acontecimentos, cita-se:

- Com a inauguração da Avenida Médice em 1973, que margeava o reservatório, obrigou-se a manter o nível da barragem em uma cota de +2,5m para que os bairros não fossem inundados, o que favoreceu também a ocupação das áreas anteriormente alagadas na preamar;
- A falta de manutenção dos equipamentos e uso descontrolado das comporta proporcionou um acidente envolvendo a comporta de vão central em 1976, ocasionando a entrada e saída de água de forma irregular no reservatório;
- Em 1980, ainda em decorrência do acidente na comporta, as cotas da barragem fixaram-se entre três a quatro metros, causando alagamentos eventuais nas áreas ocupadas.

A implantação da usina teria que ser feita na cota próxima da alcançada pela maré máxima (6.5 m), de modo a obter uma boa relação entre a potência instalada, energia gerada e custos associados. Contudo, o pavimento da Avenida Médice apresenta em alguns trechos cota inferior a 6.0 m, o mesmo acontece nos bairros marginais (Areinha, Coroado e Coroadinho), tornando-se necessária a execução de obras de proteção para que a Avenida e os bairros não fiquem submersos.

8.1 Avaliação atual

Os estudos realizados pela Sondotécnica levando em conta este novo cenário indicaram que se for mantida a situação do nível de água máximo do reservatório, que fica entre 3,5m e 4,5m, a energia gerada seria pouco significativa. Porém, se este nível correspondesse aos níveis máximos de marés (6,5m), haveria um aumento substancial na energia produzida e na potência a ser instalada.

Para permitir esta elevação, seria necessária a construção de endicamentos e sistema de drenagem conexos, para proteger a avenida Médici e os bairros adjacentes.

A exploração comercial neste novo cenário tornou-se inviável. Contudo, redirecionando o projeto para uma usina piloto, essas obras podem ser dispensadas, operando o reservatório dentro dos limites que não comprometam a segurança dos bairros, porém reduzindo a produção anual de energia(ELETROBRÁS, 1981b).

Pela curva de frequência de níveis de água máximos do reservatório, e tendo em vista a ocupação dos bairros marginais, admitiu-se dispensar as obras de proteção e trabalhar no limite máximo de operação em cota +4,50m, devido principalmente ter sido observado, que em 80% das marés, os níveis máximos do reservatório estão abaixo desse limite.

Mesmo assim, o limite de 4,50m poderia ser ampliado sem prejuízo para os bairros marginais, desde que fossem projetadas pequenas adaptações nas galerias de drenagem existentes na região e que deságuam no reservatório. Tais adaptações consistem, especificamente, de colocação de comportas tipo “flap” nessas galerias.

9 Discussão e problemas técnicos

A idéia original de aproveitamento da barragem do Bacanga para a implantação de uma usina de maremotriz era se utilizar a estrutura hidráulica da comporta para implantação de um gerador em pelo menos um dos vãos.

No entanto, a análise mais detalhada do projeto da Barragem mostrava que este aproveitamento não era aconselhável, tendo em vista uma série de motivos que podem ser classificados em técnicos e físicos:

A)Problemas técnicos:

- A utilização do vão central das comportas existentes para a instalação de um gerador apenas, conduzirá a uma potência máxima instalada pouco superior a 5MW;

- Um gerador com capacidade de 7MW por ex., possui um diâmetro aproximado de 5,0m, o que implica em uma cota de fundação da ordem de -8,00m. As escavações necessárias para atingir esta cota comprometeriam a estabilidade do restante da obra;

- O arranjo da entrada e saída do gerador tipo bulbo, como também pontes rolantes e acessórios necessários para a usina, são incompatíveis com o atual esquema da obra do vertedor;

- A instalação de um gerador bulbo, provocaria trepidações inerentes a esse tipo de obra, causando solicitações para as quais as fundações da obra existente não foram dimensionadas;

- O aproveitamento da estrutura atual do vertedor, irá condicionar o aproveitamento do estuário às dimensões existentes, sem possibilidade de expansão futura e por consequência sem o aproveitamento total do seu potencial energético;

- No caso de instalação de grupos geradores em dois vãos, utilizando apenas um para enchimento, não parece viável já que conduz a um nível máximo de operação de 4,00m. Para aumentar o armazenamento, pode-se conjugar durante a fase de enchimento do reservatório, a utilização dos geradores para bombeamento de água, porém provocando maior consumo de energia.



Figura 6: Barragem do Bacanga - vertedouro

B) Problemas Físicos:

- Ocupação urbana que ocorreu devido ao nível de água do reservatório, ser mantido na cota +2,50m, o que facilitou a ocupação das áreas baixas, anteriormente submersas pela preamar.

- A ocupação teve maior impulso em 1973, quando foi construída a avenida Presidente Médici, marginal ao lado direito do reservatório, prolongando-se ao longo do rio das Bicas.

- No processo de ocupação, desenvolveram-se os bairros do Coroado e Coroadinho, situados em terrenos mais baixos que a avenida, e que em janeiro de 1980 já comportava uma população superior a 20 mil habitantes.

Mostra-se na Figura 6 a situação atual do vertedouro da Barragem do Bacanga.

10 Conclusões e Comentários Finais

A concepção inicial do que seria a usina maré-motriz do Bacanga, sustentada pelo estudo de viabilidade técnico e econômico encomendado pela Eletrobrás na década dos 70-80(ELETROBRÁS, 1980c), mostrava-se realizável e extremamente visionária. A capacidade energética inicialmente avaliada sustentava sua viabilidade econômica,

além de disponibilizar geração praticamente dentro do rádio urbano, podendo ser classificada usando conceitos modernos como um sistema de geração distribuída. Infelizmente, fatos que podem ser atribuídos à falta de coordenação, gerenciamento e planejamento, tornaram a área do Bacanga inviável para a exploração energética em termos econômicos. Paradoxalmente, nos horários de marés altas, as comportas da barragem assumiram o papel de evitar a inundação das áreas invadidas, que concentram vários bairros populares.

No entanto, atualmente existe sinais de interesse de parte da Universidade Federal do Maranhão, Governo Estadual e Eletronorte em se criar uma usina maré-motriz piloto para fins de pesquisa sem interesse de exploração econômica. Desta forma desenvolveria-se um conhecimento prático relacionado com este tipo de geração de energia de modo a reverter este conhecimento na preparação de projetos para outras regiões que apresentem potenciais ainda mais significativos do que a região maranhense.

11 Agradecimentos

Os autores agradecem a valiosa ajuda da ELETROBRÁS, do Governo do Estado do Maranhão e da memória técnica de Engenheiros e Técnicos que participaram na construção da Barragem do Bacanga.

Referências

- Associação Nacional de Cruzeiros, . (1999). Moinhos de maré. Disponível em: <<http://www.edinfor.pt/anc/ancmoinhos.html>>.
- BAIRD Stuart, HAYHOE Douglas, . (1993). Energy fact sheet: Exploiting the resource. Disponível em: <<http://www.iclei.org/efacts/tidal.htm>>.
- EDF Electricité de France, . (2000). The rance tidal power plant: Renewables energy. Disponível em: <<http://www.edf.fr/html/en/decouvertes/voyage/usine/retour-usine.html>>.
- ELETROBRÁS, . (1980a). relatório: Aproveitamento hidroenergético do estuário do bacanga através de uma usina de maremotriz.
- ELETROBRÁS, . (1980b). relatório: Estudo do aproveitamento hidroenergético do rio bacanga.
- ELETROBRÁS, . (1980c). Usina maremotriz-estuário do bacanga, dimensionamento e caracterização da usina.
- ELETROBRÁS, . (1981a). relatório: Estudo preliminar de variantes para a usina-piloto.

- ELETROBRÁS, . (1981b). Usina maremotriz-
estuário do bacanga, estado da arte de pro-
jetos e operação de usinas maremotrizes.
- FRANÇA Paulo M., LYRA FILHO Cristiano, .
(1995). Planejamento da operação de sis-
temas de energia elétrica com predominância
de geração hidroelétrica. Disponível em:
[http://www.densis.fee.unicamp.br/COSE
/pagina/introd.html](http://www.densis.fee.unicamp.br/COSE/pagina/introd.html).
- Gannon Media Services, . (2000). The
fight for west kimberley's tidal
power station. Disponível em:
<[http://www.gannonmedia.com.au/
page16.html](http://www.gannonmedia.com.au/page16.html)>.
- Geographical Magazine, . (2001).
Tidal power. Disponível em:
<[http://www.geographical.co.uk/
geographical/features/jan_2001_wave.html](http://www.geographical.co.uk/geographical/features/jan_2001_wave.html)>.
- O'CONNELL'S Suzanne, . (2000). Suzanne
o'connell's homepage. Disponível em:
<[http://soconnell.web.wesleyan.edu/
ees106/lecture_notes/lecture-tides/HTML/
Presentation/folder/sld017.htm](http://soconnell.web.wesleyan.edu/ees106/lecture_notes/lecture-tides/HTML/Presentation/folder/sld017.htm)>.
- Tidal Electric Inc, . (2000). Potential tidal
power generation sites. Disponível em:
<[http://tidalelectric.com/
projects/sites/
index.html](http://tidalelectric.com/projects/sites/index.html)>.
- Tidal e Wave Power, . (2000). Tidal
and wave power. Disponível em:
<[http://atschool.eduweb.co.uk/
dcastle/
tidal.html](http://atschool.eduweb.co.uk/dcastle/tidal.html)>.
- Urban Environmental, . (2000). Ur-
ban environmental. Disponível em:
<[http://www.cuc.ait.ac.th/
Renewable/
energy/oceans.htm](http://www.cuc.ait.ac.th/Renewable/energy/oceans.htm)>.