

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Projeto CAMISA.

PROPOSTA DE PROJETO
(projeto Promarés)

MONITORAMENTO DO NÍVEL DO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL NAS
PROXIMIDADES DA COSTA DO NORDESTE DO BRASIL

Campina Grande – PB
Agosto de 2008.

MONITORAMENTO DO NÍVEL DO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL NAS PROXIMIDADES DA COSTA DO NORDESTE DO BRASIL

Equipe:

Manoel F. Gomes Filho – Coordenador - Departamento de Ciências Atmosféricas /
Projeto CAMISA;

Jacques Servain – Participante - Consultor, Funceme/IRD/LOCEAN, Paris – França;

José Oribe Rocha de Aragão – Consultor, ITEP/ Pernambuco – Recife – PE;

Daisy Beserra de Lucena – Participante - Doutora Meteorologia – UFCG;

Maria da Conceição L. Fernandes – Participante - Estudante do Mestrado em
Meteorologia – UFCG;

Gabriel Moisés de Sousa Neto – Participante - Estudante do Mestrado em
Meteorologia – UFCG;

Julliana Larise – Participante – Estudante de Meteorologia bolsista do PIBIC;

Rayana Santos Araújo – Estudante de Meteorologia - UFCG;

Resumo

Durante as últimas décadas, especialmente para períodos do ano quando os valores das marés são mais altos (janeiro/fevereiro e agosto/setembro) algumas localidades situadas na costa leste do Nordeste, têm sofrido sérios danos causados pelas marés com destruição de ruas inteiras ou parte delas. Ao mesmo tempo, nessa mesma região, tanto as temperaturas da superfície do mar quanto à tensão do vento zonal, apresentam um pronunciado aumento. Estes eventos são compatíveis com a expansão térmica das águas tanto quanto com o acúmulo de água na fronteira oeste da bacia do Atlântico e poderiam estar associados aos recentes danos observados na região costeira. Estes eventos precisam ser estudados mais cuidadosamente no contexto do aquecimento global em curso inclusive com monitoramento contínuo e sistemático do aumento do nível do mar através de marégrafos.

Palavras chave: Nordeste, destruição costeira, marés, temperatura da superfície do mar.

1. Introdução

Grande parte das capitais do nordeste do Brasil encontra-se situada na zona costeira atlântica, ao nível do mar. Durante muito tempo essas cidades experimentaram problemas de inundação, por conta da descarga dos rios nos momentos de maré alta. Grandes somas em dinheiro foram gastas para se criar barragens nos rios ou áreas de escape para o excesso das águas nas horas de pico das marés. Nas duas últimas décadas, apesar dos esforços realizados, as áreas de praia foram duramente castigadas pelas marés, ruas inteiras sucumbiram ao oceano nas principais capitais do nordeste, especialmente Recife/Olinda e João Pessoa, alvo principal deste trabalho. Na orla marítima de Olinda, bares tradicionais como o “*Bar da Agulha Frita*”, a “*Palhoça do Zé Pequeno*” e o “*Bar do Goiamum*” tiveram que ser transferidos para o outro lado da Avenida Senador Marcos Freire (beira mar), por falta de condições de sustentabilidade, uma vez que a muralha de proteção foi derrubada pelas ondas. Em João Pessoa o problema é idêntico: a Avenida Arthur Monteiro de Paiva perdeu mais que a metade da sua extensão ao longo da orla e do mesmo modo que em Recife, alguns bares da orla tiveram que ser transferidos para a Avenida Governador Argemiro de Figueiredo, no bairro de Camboinha, por exemplo. O ponto mais oriental das Américas, que fica localizado na “*Ponta do Seixas*” em Tambaú, João Pessoa, onde está localizado o *Farol do Cabo Branco*, marco conhecido internacionalmente, também está sofrendo com a força da maré e já perdeu parte de seu mirante, não estando mesmo descartada que em alguns anos, se nada for feito para proteção, a perda do farol.

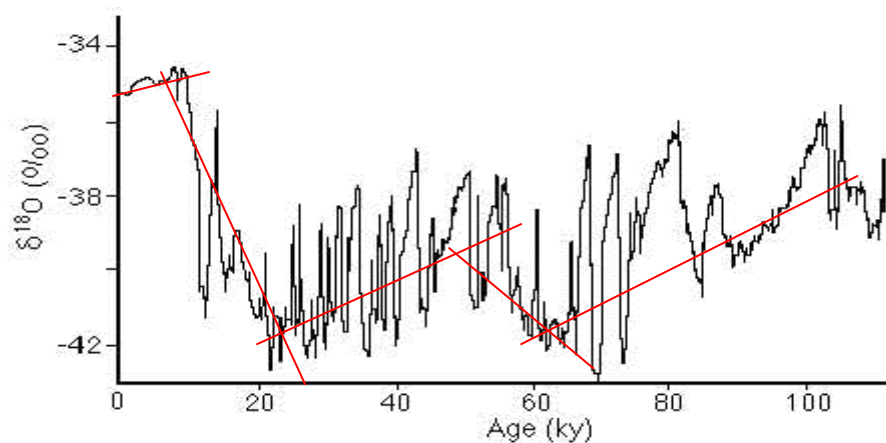


Figura 1 – Diagrama mostrando a ocorrência do isótopo mais pesado do oxigênio encontrado em amostras de gelo do Ártico e que está diretamente relacionado com as variações do clima do passado (temperatura). As linhas vermelhas indicam as tendências. Fonte: Justino, 2004.

Como se pode ver na Figura 1, apesar do constante debate acerca do aquecimento global do planeta e suas possíveis causas, principalmente antropogênicas, o atual aquecimento verificado pelo projeto GRIP, começou há mais de dez mil anos e que fases mais quentes já haviam ocorrido muito antes da chamada “Revolução Industrial” [ver Justino, 2004]. Então, pelo menos em parte, esse aquecimento pode ser creditado a mecanismos de ajuste interno do próprio sistema Terra/Atmosfera/Sol, principalmente à excentricidade da órbita da Terra ao redor do Sol, que causa as eras glaciais (frias) e interglaciais (quentes). Ainda considerando a mesma figura, o período anterior aos últimos dez mil anos, foi marcado por baixas temperaturas e o aumento foi monotônico a partir dos últimos vinte mil anos até atingir os patamares atuais. Um bom exercício especulativo poderia ser o de se verificar o que poderia causar um aumento significativo no nível dos oceanos mundiais, uma vez que o degelo das calotas polares por si só, não causaria um aumento de grandes proporções como se poderia imaginar. Teria que haver um mecanismo físico adicional para que os efeitos combinados levassem a um aumento no nível dos oceanos perceptível pelos seus efeitos observados na atualidade. Parece que mecanismos tais como acréscimo de água devido ao derretimento das geleiras (pólos e regiões montanhosas), assoreamento nos deltas dos grandes rios além de, é claro, da dilatação volumétrica, serão importantes, uma vez que um aumento na temperatura das águas oceânicas é tido como certo [IPCC 2001; Wainer 2003; Janini et al. 2003]. Considerando a imensa massa de água que está sendo aquecida, temos uma

certeza: o aumento no volume devido à dilatação volumétrica das águas oceânicas terá que ser levado em conta.

1.1 Evidências observacionais

Uma observação cuidadosa das regiões costeiras do Nordeste sugere que nos últimos quinze ou vinte anos, o oceano avançou sobre as regiões praieiras das principais capitais, provocando desabamentos de muros de arrimo, partes de casas situadas à beira mar e até fazendo desaparecer ruas inteiras ou partes delas.

Em João Pessoa, a Avenida Arthur Monteiro Paiva, perdeu grande trecho de calçamento na praia do Bessa, fazendo com que os bares localizados à sua margem tivessem que providenciar proteção ante a força das ondas.

Recife e Olinda são também exemplos de localidades afetadas pelo avanço do mar em áreas costeiras, sendo que nos últimos meses isto tem se agravado, a mídia tem mostrado que mesmo em áreas nobres de Recife, como a praia da Boa Viagem, esse fenômeno está acontecendo.

Maceió, na região da praia do Francês, praia conhecida como Prainha, o mar está subindo e vai igualar essa praia com a lagoa do Mundaú. Os transtornos vão ser grandes por lá. Além dessas há muitas outras evidências de que o nível do mar está subindo.

Há não mais que dez anos atrás, se alguém consultasse as tábuas das marés em Cabedelo, por exemplo, poderia constatar uma variação entre a baixa-mar e a preamar da ordem de 0,50m a 1,50m. Hoje essa variação é de 0,10m a 2,80m observada no mês de agosto de 2006.

1.2 – Objetivo Geral

Esse projeto tem por objetivo, além de oferecer uma continuidade à pesquisa já em desenvolvimento pelo proponente, providenciar uma forma de alertar as populações que vivem em áreas costeiras do nordeste, para os perigos representados pelo avanço do mar sobre estas regiões e, dependendo das condições de financiamento, oferecer um monitoramento contínuo e sistemático do aumento do nível do mar através da instalação de marégrafos geodesicamente referenciados em algumas capitais nordestinas.

1.3 – Objetivos Específicos

- 1.3.1 Instalar pelo menos um marégrafo na área do Porto de Cabedelo, nos arredores de João Pessoa, para iniciar uma série de observações do nível das marés;
- 1.3.2 Identificar, através da análise de dados obtidos de centros internacionais de meteorologia e oceanografia (ex. NOAA, NCEP, etc.) as variações ocorridas no nível do Oceano Atlântico Tropical;
- 1.3.3 Monitorar as áreas costeiras mais susceptíveis à destruição pelo avanço do mar e pela força das marés, através de observações *in situ* ;
- 1.3.4 Emitir boletins de alerta, no caso dos meses que apresentam maiores valores das marés, tais como, fevereiro/março e agosto/setembro, para providências da defesa civil e Governos Municipais envolvidos;
- 1.3.5 Construir uma página WEB para apresentação “on line” e de forma interativa do andamento da pesquisa e seus resultados preliminares;
- 1.3.6 Publicar os resultados obtidos em periódico de circulação nacional e/ou internacional.

2. Dados e Metodologia

2.1 – Dados que serão utilizados

Os dados que serão utilizados neste trabalho são imagens captadas em fotografias tiradas *in situ* da situação atual das praias enfocadas, imagens antigas,

quando a situação ainda estava sob controle, mapas antigos e dados diários das tábuas das marés fornecidas pela Diretoria e Hidrografia e Navegação – DHN do Ministério da Marinha, disponibilizados em seu sítio eletrônico e algumas séries de variáveis climáticas pertinentes ao trabalho disponíveis no Departamento de Ciências atmosféricas da UFCG. Além destes, usam-se também dados da climatologia para o período 1948 a 1997 do modelo francês ARPÉGE, além de dados do IRI/USA. Pretende-se iniciar, através do uso de marégrafos, uma série de observações do nível do mar em duas (02) capitais do Nordeste, especialmente João Pessoa e Maceió, o que permitirá um monitoramento contínuo deste aumento, em uma faixa litorânea grande.

2.2 – Metodologia a ser adotada

A metodologia utilizada será a análise dos dados obtidos desde o início do ano de 2005, para comparação com material antigo, análise das séries de dados das variáveis climáticas para verificar possíveis tendências que identifiquem uma mudança climática. Também serão analisados inicialmente arquivos antigos de tábuas das marés em João Pessoa, Recife e Maceió, para comprovação do aumento do nível médio do mar (diferença entre a maré máxima e a mínima). Se necessário, em etapa futura, poderá ser realizada uma análise da série temporal dos dados de marés, precipitação e temperatura do ar para a região estudada provavelmente utilizando-se séries harmônicas de Fourier para se determinar se há tendências de aumento ou diminuição no tempo, intrínsecas às séries dos dados.

2.3 - Séries harmônicas

Poderá ser usada para se estudar as variações do nível do mar, a série harmônica dada por:

$$X_t = a_0 + \sum_{k=1}^{k=N} [a_k \cos(\lambda_k \cdot t) + b_k \text{sen}(\lambda_k \cdot t)]$$

Na qual, $k = 1, N$ representa o tamanho da série de dados e X_k é a altura em metros correspondente ao nível do mar.

$\lambda = 2\pi\nu_k$ é a frequência expressa em termos de radianos por unidade de tempo e $\nu_k = \frac{k}{N}$.

2.4 – Estatísticas

Algumas estatísticas foram realizadas com os dados e são basicamente:

A média dos valores observados,
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} x_i$$

Os desvios em relação a essa média,

$$d_i = x_i - \bar{x}$$

3. O Monitoramento Costeiro

A Região Nordeste do Brasil, apesar de ser uma das regiões mais afetadas pelo avanço do mar decorrente do aumento de seu nível, não possui sequer um marégrafo que indique a magnitude desse avanço. Torna-se imperativo o monitoramento desse nível em toda costa nordestina, a partir de observações *in situ* e através de dados de marés fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e navegação da Marinha do Brasil e análise matemática da série de dados históricos para se detectar tendências de aumento do nível médio do mar.

Pretende-se iniciar nesta etapa, a depender do financiamento ora solicitado, a instalação de alguns marégrafos geodesicamente referenciados, para se medir de forma sistemática, o aumento do nível do mar na costa nordestina e o conseqüente avanço do mar sobre as áreas costeiras. Serão instalados três marégrafos com elemento sensível ultrasônico, nos portos de Cabedelo na Paraíba, Recife em Pernambuco e Maceió em Alagoas.

Os dados gerados pelos marégrafos nessas localidades, serão armazenados de forma contínua em datalogger e recuperados a partir de Laptop adquirido com recursos do projeto para esse fim. Com esses dados será possível construir uma série temporal das informações para posterior análise de tendência de aumento do nível do mar. Todas

informações geradas pelo projeto, serão disponibilizadas em uma página WEB construída para esse fim.

4. Cronograma de Execução

Atividade/Semestre	1º.	2º.	3º.	4º.
Obtenção de dados e análise preliminar para consistência				
Acompanhamento das marés altas e instalação dos marégrafos (se couber)				
Análise dos primeiros resultados				
Publicação dos resultados em revista e congresso				

5. Bibliografia Consultada

Diretoria de Hidrografia e Navegação – tábuas das marés. Sítio eletrônico “[www.dhn.mar.mil.br / serviços / tábuas das marés](http://www.dhn.mar.mil.br/serviços/tábuas_das_marés)”.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. J. M. McCarthy et al., editors. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1032 pp., 2001a.

Gomes Filho, M. F.; Servain, J.; Lucena, D.B.; Paula, R. K.; Silva, A. B.: Evidências observacionais de aumento no nível do Atlântico Tropical próximo a costa do Nordeste do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 30, 39 – 45 2006.

Gomes Filho, M.F.; Servain, J.; Lucena, D. B.; Paula, R. K.; Silva, A. B.: A study of the sea level elevation in the Tropical Atlantic as observed in the neighborhoods of the Brazilian Northeast coastline. Proceedings of the 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. 259 – 266, 2006.

Janini Pereira; Ilana Wainer; Edmo J. Campos; Reindert J. Haarsma: Variabilidade Climática do oceano austral usando um modelo acoplado do NCAR. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 19, 287 – 298 2004.

Justino, F. B. The influence of boundary conditions on the Last Glacial Maximum. Shaker Verlag editor, Kiel, 2004.

Revista Veja: Como Salvar o Planeta. Reportagem Especial. Editora ABRIL, (51), dezembro de 2004.

Wainer, I. Aquecimento global e a variabilidade climática na região do Oceano Atlântico Tropical e Sul. 94f. Tese Livre Docência, Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo, SP, 2003.