

# **INDICADORES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DE VARIAÇÕES DO NÍVEL DO MAR NA COSTA DO RIO DE JANEIRO: Aquecimento ou Resfriamento?**

**Fábio Ferreira Dias**

Geógrafo, MSc. Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geologia/UFRJ, Ilha do Fundão, 21.949-900. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. fabiofego@yahoo.com.br

**João Wagner Alencar Castro**

Geólogo, DSc. Geomorfologia, Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia & Meio Ambiente / Museu Nacional / UFRJ e Departamento de Geologia – UFRJ.

**José Carlos Sícoli Seoane**

Geólogo, DSc. Geologia, Departamento de Geologia/UFRJ.

**Luis Henrique R. Camargo**

Geógrafo, DSc. Geografia, UERJ – Faculdades de Educação da Baixada Fluminense.

## **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar evidências de alterações climáticas ao longo do Holoceno (época atual) no Estado do Rio de Janeiro. Essas alterações foram analisadas através de indicadores geológicos e biológicos que apontam mudanças significativas do nível do mar no litoral entre Cabo Frio e Armação dos Búzios. Assim, o presente trabalho pretende demonstrar que as alterações climáticas ao longo do tempo geológico e da escala humana são fatos contínuos na história da Terra. Muitas vezes, vão muito além de uma mera consequência da ação do homem sobre o meio ambiente.

**Palavras-chave:** mudanças climáticas, indicadores paleoclimáticos, interferências antrópicas.

## **INDICATORS OF CLIMATE CHANGE AND SEA LEVEL FLUCTUATIONS ON THE COAST OF RIO DE JANEIRO STATE: Warming or Cooling?**

## **Abstract**

The present work aims to evaluate evidence on past climate changes along the Holocene in the Rio de Janeiro State of Brazil. These alterations shall be analyzed in order to highlight markers of sea-level changes, such as geological and biological indicators, that indicate levels that differ from the present one in the coastline between the cities of Cabo Frio e Armação dos Búzios.

Climate changes are continuous along global history and their dynamics go well beyond the consequences of human actions on the environment.

**Keywords:** climate change, pelecoclimate indicators, anthropic interference

## **Introdução**

A atmosfera e o clima terrestre resultam de forças que agem sobre o globo, tanto provenientes do sol, quanto originadas no interior da terra. Dessa forma, o clima é resultante da combinação de fatores entre essas duas grandes fontes energéticas. Qualquer alteração ocorrida em uma dessas fontes primárias afeta profundamente o clima terrestre. Segundo Mesquita (2000), o aumento das concentrações dos gases do efeito estufa levará ao aquecimento global e conseqüentemente a modificações nos volumes das geleiras. Conforme Martin *et al* (1997) o nível do mar pode ser estudado através de diversos indicadores, entre estes, sedimentológicos, biológicos, arqueológicos. Mais recentemente outro indicador foi incorporado a esse estudo através da utilização de maregráfos que apontam tendências negativas e positivas de curto prazo das variações do nível do mar.

No que refere ao Holoceno, época mais recente da história da terra, existem várias evidências de subida e descida do nível do mar, tanto no litoral brasileiro quanto em outras partes do mundo, possibilitaram a construção de curvas de variações a partir de métodos de datação, entre estes, radiocarbono e termoluminescência.

Para Suguio (1999), o nível do mar em um determinado ponto do litoral é a resultante momentânea de interações complexas entre a superfície do continente e o mar. As modificações de volume das bacias oceânicas (tectono-eustasia) e as variações do volume de água dos oceanos (glácio-eustasia) fazem sentir os efeitos em escala mundial. Por outro lado, as modificações de nível dos continentes (tectônica e isostasia) e do geóide (geóide-eustasia) atuam em escalas local ou regional.

Sendo assim, o presente trabalho abordará de forma suscita essas evidências em um trecho do litoral do Estado do Rio de Janeiro. Serão levados em consideração apenas indicadores geológicos e biológicos. Outros indicadores, entre estes, arqueológicos e maregráficos não são levados em consideração nesse trabalho, mesmo sabendo de sua importância para complementação e entendimentos dos estudos aqui apresentados.

## **Diagnóstico ambiental do paleoclima no litoral do Rio de Janeiro**

Indicadores geológicos e biológicos ocorrem em quase todo o litoral do Rio de Janeiro. Vários trabalhos foram desenvolvidos ao longo do trecho de litoral aqui estudado,



## Metodologia

Com base nas referências bibliográficas sobre variações do nível do mar, desenvolveu-se um levantamento utilizando indicadores geológicos-geomorfológicos e biológicos que contribuíram para o entendimento e/ou compreensão da história evolutiva da região costeira situada entre Cabo Frio e Armação dos Búzios. O trabalho de campo consistiu na coleta de material biológico em diferentes níveis altimétricos. Para essa tarefa foi utilizado um GPS Geodésico Pro Mark 2, tendo em vista registrar os diferentes posicionamentos das amostras observadas e coletadas.

## Indicadores paleoclimáticos

Os registros geológicos-geomorfológicos e biológicos de variações do nível do mar foram tratados como **Indicadores Paleoclimáticos** pelo fato de representarem mudanças do nível do mar, também, decorrentes de fatores climáticos.

Conforme Angulo (1997), indicadores de variação do nível do mar são divididos em dois grupos: os simples e os compostos. Os simples são aqueles que informam o paleonível (médio) do mar. Por serem datáveis, podem ser posicionados no tempo. Uma única evidência pode ser situada no tempo e no espaço. Já os indicadores compostos precisam de informações extras para que possam ser utilizados. Datações em conchas e carvões fornecem idade, no entanto, necessitam de outras informações sobre estruturas sedimentares que definem o ambiente deposicional, e conseqüentemente, a relação com o nível do mar.

Trabalhos realizados na área de estudo abordam as variações do nível do mar e efeitos na configuração da paisagem costeira durante o Holoceno. Destacam-se os trabalhos de Lamego (1945), Martin *et al.* (1997), Barbosa (1997), Castro *et al.* (2007), Dias *et al.* (2007). A maioria desses estudos prendeu-se aos indicadores geológicos – geomorfológicos (evolução de restingas, terraços marinhos, leques de arrombamento, etc) e biológicos (foraminíferos, bivalves, troncos, etc.). Essas informações possibilitaram a construção de curvas de variações do nível do mar, como a de Barbosa (*op cit.*) a partir das assembléias de foraminíferos.

Segundo Fernandes *et al* (2002), as **marcas de ouriço** são importantes indicadores de variações do nível do mar, uma vez que, essas perfurações são encontradas nas áreas de variações de marés (Figura 2 e 3). Tais informações são muito importantes na compreensão regional de possíveis oscilações do nível do mar, particularmente as ocorridas no Quaternário.

# Indicadores de Mudanças Climáticas e de Variações do Nível do Mar na Costa do Rio de Janeiro: Aquecimento ou Resfriamento?

Fábio Ferreira Dias, João Wagner Alencar Castro, José Carlos Sícoli Seoane, Luis Henrique R. Camargo

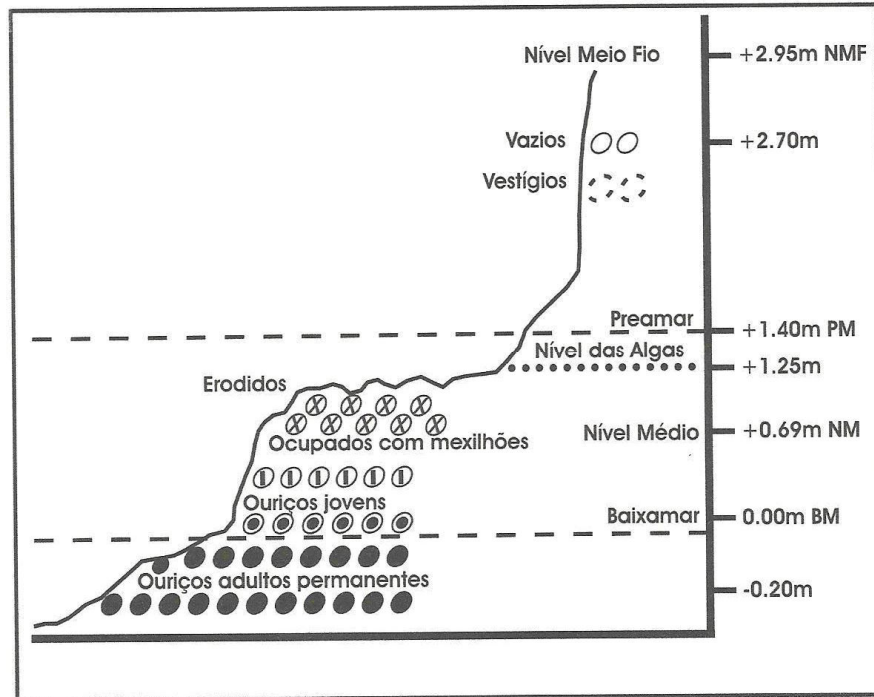


Figura 2 - Representação das marcas de ouriços, nível médio e ouriços vivos.  
Fonte: Cunha e Andrade (1971/1972)

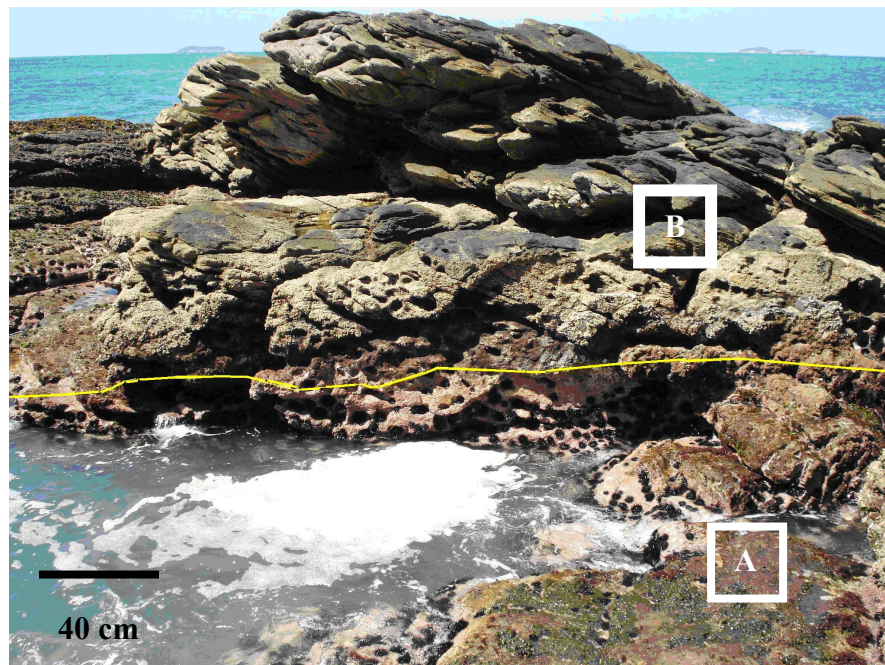


Figura 3 - Linha divisória mostrando os ouriços vivos abaixo (A) e os buracos abandonados acima (B) confirmando as flutuações do nível do mar – praia de Caravelas-A. Búzios.



Segundo Araújo (2007), os **terraços marinhos** são depósitos de sedimentos litorâneos (de praia ou de plataforma) caracterizados por níveis topográficos devido às oscilações do nível do mar.

Segundo Bloom (1970) e Suguio *et al.* (2005), os **terraços marinhos** são exemplos de paleoníveis do mar acima do atual. Os terraços de abrasão marinha representam superfícies erosivas sustentadas por rochas mais antigas do embasamento. Essas feições erosivas, oriundas da ação de ondas acima do nível do mar atual, constituem, também, evidências de oscilações passadas.

Segundo Araújo (2007), em alguns casos, é possível compartimentar antigas plataformas de erosão de modo a se determinar antigos níveis marinhos. Investigações realizadas na praia de Vila Chã – Portugal, identificaram a ocorrência de um setor inferior, do terraço com baixo declive (1) e uma rampa (2) com declive acentuado de 13°. Nesse quebra acentuada, o nível do mar encontrava-se praticamente no nível médio. A seta em negrito corresponderia ao nível médio do mar contemporâneo ao da plataforma (Figura 4).



Figura 4 – Paleoplataforma de abrasão e paleonível do mar em Vila Chã – Portugal. Fonte: Araújo (2007).

Para Bhatt e Bhonde (2006), os **entalhes marinhos** (*marine notches*) são feições côncavas criadas nos costões rochosos e falésias pela ação das ondas. Araújo (2007) afirmou que, na sua área de estudo, os entalhes estavam ligados à existência de fraturas que eram aproveitadas pela erosão marinha à cerca de 1,0 m acima do nível atual.

Segundo Oliveira (2007) os **vermetídeos** são gastrópodes que vivem presos a um substrato rochoso apresentando conchas em forma de tubo (Figura 5). Os gêneros

*Petaloconchus* e *Dendropoma* são os mais comuns no litoral brasileiro. Angulo (1997) desenvolveu uma curva de variação do nível do mar para o litoral do Paraná utilizando a espécie *Petaloconchus varians*. Segundo Angulo *op cit* entre Cabo Frio e o sul do Brasil não existem correspondentes atuais para obtenção da relação entre esses organismos e o nível do mar atual. Dessa forma, se estima o paleonível marinho em função da época dos vermetídeos fósseis. A alternativa adotada foi utilizar como referência, o limite superior de vida de colônias do poliqueta *Phragmmatopoma lapidosa*, que se situam em nível equivalente ao limite de vida dos *Petaloconchus*. Segundo Laborel (1986), esta espécie ocorre no quarto inferior da zona intermarés, ou seja, na região entre o nível de maré baixa de quadratura e o nível de maré baixa de sizígia. Ainda segundo Laborel, a precisão na determinação de antigos níveis a partir de vermetídeos pode oscilar entre + 0,1 m e + 1,0 m, dependendo da exposição às ondas e a amplitude de maré. Na costa brasileira, a precisão obtida encontra-se em torno de + 0,5 m.

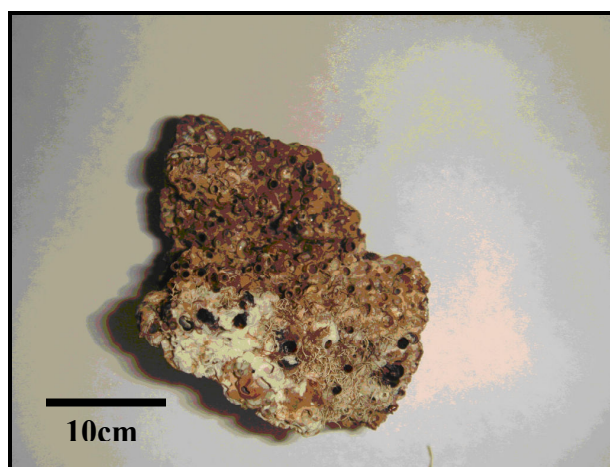


Figura 5 - Vermetídeos vivos coletados em Angra dos Reis correspondentes ao nível do mar atual.

As **conchas de bivalvios**, de acordo com a sua ocorrência e o seu estado de preservação, são bons indicadores de variação do nível do mar. Segundo Angulo (1997), a espécie *Anomalocardia brasiliiana* vive abaixo do nível da maré baixa até alguns metros de profundidade. Quando não há muito retrabalhamento por outros organismos, estes bancos de conchas servem para indicar pelo menos o nível de maré baixa da época em que viviam estes bivalvios. Com base nestes critérios e conhecendo-se a amplitude da maré na área, pode-se ter uma idéia do paleonível do mar também.

Podem ser encontrados **truncos de madeira carbonizados**, que ao serem analisados por antracólogos podem ser utilizados ou não como indicadores de variações do nível do mar. Vários trabalhos, como o de Andrade e Dominguez (2003), mostram a utilização de troncos carbonizados de espécies de mangue, refletindo variações do nível do mar.

**Paleocracas** (espécie *Tetraclita stalactifera*) também são encontradas tanto em Cabo Frio quanto em Armação dos Búzios. Estas são crustáceos que habitam a zona entre marés em ambientes de costões rochosos. Aragão (1999) estudou a espécie *Tetraclita stalactifera* nos costões da ilha da Marambaia (RJ) que correspondem aos mesmos exemplares fósseis identificados em Cabo Frio e Búzios. A variação vertical dos exemplares dessa região apresentou uma amplitude de 10 a 30 cm, podendo sua ocorrência estar mais próxima ou mais distante do nível 0,0m (sizígia) em virtude da maior ou menor exposição às ondas. Segundo Skinner *et al.* (2007) essa espécie habita o oeste do oceano Atlântico, o golfo do México e a leste do Pacífico. Além dos costões, essas cracas fixam-se também em píers e outros substratos rígidos, formando uma franja entre as cracas da espécie *Chthamalus* spp. e o mexilhão *Perna perna*.

## Resultados

Foram encontrados diversos indicadores paleoclimáticos na área estudada. A tabela 1 mostra as praias onde foram encontradas as evidências e os tipos de indicadores comentados ao longo desse trabalho. Verificou-se durante o trabalho de campo que esses indicadores sempre foram encontrados em condições acima do nível do mar atual.

Localidade	Tipo de evidência
Praia Brava - Cabo Frio	Marcas de ouriço e entalhes marinhos
Praia do Perú- Cabo Frio	Cristas de praia e conchas
Praia de José Gonçalves	Terraços marinhos e vermetídeos
Praia de Caravelas-Armação dos Búzios	Paleocracas e vermetídeos
Costão rochoso da Serra das Emerências- Armação dos Búzios	Vermetídeos e entalhes marinhos
Praia do Forno-Armação dos Búzios	Vermetídeos
Praia Brava-Armação dos Búzios	Vermetídeos e marcas de ouriço

Quadro 1 – Indicadores paleoclimáticos encontrados em Cabo Frio e Armação dos Búzios.



## Discussões

Os indicadores paleoclimáticos foram identificados em diferentes níveis altimétricos. Cada um deles apresenta uma relação com o nível do mar em um determinado período de tempo. As datações ao radiocarbono completam, quando possível, essa história evolutiva da terra, permitindo estabelecer uma relação entre a altura atingida pelo nível médio da superfície dos oceanos e a época da referida altura. Essas evidências, nem sempre mostram com muita precisão a altura atingida pelo nível do mar. O aquecimento global, assim como o resfriamento, sempre foram eventos que marcaram varias eras e períodos geológicos. Alterações na composição da atmosfera com a maior ou menor presença dos gases contribuintes do efeito estufa, variações na quantidade de energia enviada pelo sol, alterações na órbita da terra, assim como muitos outros fatores, sempre ocorreram. E o homem? Qual o seu poder de interferência no clima global? Até onde vão os fatores naturais? Onde começam as interferências antrópicas? Será que é tão fácil afirmar que o homem é o grande causador do aquecimento global ?

Segundo Molion (2007), a terra entrará numa fase glacial, ocorrendo, inclusive, a possibilidade de um ligeiro rebaixamento do nível dos oceanos. Ainda segundo o Molion *op cit*, como a última glaciação ocorreu há 15 mil anos e os períodos interglaciais são normalmente de 12 mil anos, talvez já esteja ocorrendo um período glacial. Essa discussão é muito questionada entre diversos profissionais de geociências. Para outros pesquisadores, entre estes, Rosman (2008), estudos envolvendo aquecimento global levaram em consideração efeitos negativos nas praias do Rio de Janeiro, como reflexo da subida do nível do mar. Segundo Suguio (1999) e IPCC (2001) *apud* CSIRO (2008), com o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub>, o nível do mar continuará a subir, trazendo problemas para muitas regiões costeiras de cidades como Rio de Janeiro, Recife, Fortaleza, São Luis, Natal, etc.

## Conclusões

Os estudos envolvendo mudanças climáticas nos últimos 11.000 anos, compreendendo o Holoceno, mostraram incursões marinhas (transgressões) em diversas regiões costeiras do Brasil, como indicadores de alterações climáticas passadas. Esses estudos são sintetizados por curvas de variações do nível do mar nas altitudes localizadas na faixa de intermaré, construídas OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v.1, n.1, p.21-32, jan. 2009. 29

com a utilização de indicadores geológicos e biológicos. A maior parte dos estudos realizados no Brasil mostra um período de grande aquecimento resultando em uma transgressão máxima por volta de 5100 anos AP conhecido como *Optimum Climático*. Esse fenômeno foi favorecido pela temperatura intensa aliada ao nível do mar mais elevado que provocou maior evaporação das águas próximas à costa, empurrando a umidade para o interior, refletindo, conseqüentemente, no tipo de vegetação, como forma de readaptação (reorganização) do sistema em resposta às modificações ambientais. Não se pretendeu aqui fazer uma discussão sobre a influencia do homem sobre o clima atual da terra, pelo contrário, procurou-se mostrar que as alterações climáticas sempre ocorreram ao longo da história da terra. Aqui mostrou-se que as mudanças climáticas são processos naturais. Ressalta-se que a presença do homem após a revolução industrial contribuiu de certa forma com a aceleração dessa dinâmica natural. Essas alterações, resultantes de uma série de combinações, com variáveis conhecidas e desconhecidas, impossibilitam definir o processo como linear, sendo, dessa forma, mais prudente adotar o discurso da imprevisibilidade da configuração dos diversos ambientes terrestres.

## Referências

ANDRADE, A. C. S. e DOMINGUEZ, J. M. L. Origem e evolução do sistema ilha barreira / laguna holocênico da planície costeira de Caravelas - Bahia – Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9, Recife, 2003. *Anais...* Recife, ABEQUA, CD-ROM.

ANGULO R.J. **Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992, 334 p.

ANGULO,R.J. e LESSA, G. C. The brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**. 140, p. 141-166, 1997. Disponível em: <<http://www.capes.org.br>>. Acessado em: 20 nov. 2004.

ARAGÃO, V. A. **Padrão de distribuição do macrobentos em costões rochosos da ilha da Marambaia, (RJ)**. Monografia – Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1999, 63p.

ARAÚJO, M.A.F.P. **Costas rochosas**. Disponível em: <http://web.letas.up.pt/asaraujo/seminario/Aula6.htm>>. Acessado em: 26 de fevereiro de 2008.

BARBOSA, C.F. **Reconstituição Paleoambiental de fácies lagunares com base em foraminíferos: o nível do mar no Quaternário Superior na área de Cabo Frio, RJ.** Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997, 80p.

BHATT, N. e BHONDE, U. Geomorphic expression of late Quaternary sea level changes along the southern Saraushtra coast, west India. **J. Earth Syst. Sci.**, V.115, N.14, 2006. Disponível em: <<http://www.ias.ac.in/jess/aug2006/0520.pdf>>. Acessado em: 8 de abril de 2008.

BLOOM, A.L. **Superfície da Terra.** São Paulo: E. Blücher, 1970. 184p.

CASTRO, J.W.A.; SENRA, M.C.E. & RAMOS, R.R.C. 2007. Coquinas da Paleolaguna da Reserva Tauá – Pântano da Malhada, RJ – Um Registro do Optimum Climático Holocênico. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E.T.; CAMPOS, D.A.; SOUZA, C.R.G.; FERNANDES, A.C.S. (Edit.). **Sítios Paleontológicos do Brasil.** Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio004/sitio004.pdf>>. Acessado em : 8 jan 2009.

CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. **Sea Level Rise: Understanding the Past – Improving Projections for the Future.** Disponível em: <[http://www.cmar.csiro.au/sealevel/sl\\_proj\\_21st.html](http://www.cmar.csiro.au/sealevel/sl_proj_21st.html)>. Acessado em: 20 out. 2008.

CUNHA, F.L.S. & ANDRADE, A.B. Evidências glácio – eustáticas no litoral de Niterói, RJ. **Delfos**, Rio de Janeiro, (11/12): 32-39. 1971/1972.

DIAS, F. F.; CASTRO, J.W.A.; RAMOS, R.R.C.; CARVALHO, M.A.; SEOANE, J.C.S. & SCHEEL-YBERT, R.. Resultados Preliminares Acerca da Evolução Holocênica da Região do Pântano da Malhada, Cabo Frio (Armação de Búzios, RJ). In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 11, Belém, 2007. **Anais...** Belém, ABEQUA, 1 CD-ROM.

FERNANDES, A.C.S., BORGHI, L., CARVALHO, I.S. e ABREU, C.J. Estruturas de Bioerosão. In: CARVALHO, I.S.; FERNANDES, A.C.S. **Guia dos Icnofósseis Invertebrados do Brasil.** 1.ed. Rio de Janeiro: Interciências, 2002. p. 193.

FUNDAÇÃO CIDE. **Região das Baixadas Litorâneas.** Disponível em: <[http://www.cide.rj.gov.br/cide/mapas\\_regiao.php](http://www.cide.rj.gov.br/cide/mapas_regiao.php)>. Acessado em: 27 out. 2008.

LABOREL, J. Vermetid gastropods as sea-level indicators. In: O. VAN DE PLASSCHE (ed.) **Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data**. Norwich :Geo Books, 1986. p.281-310.

LAMEGO, A.R. **O Homem e o Brejo**. 2ª Ed.(1974). Rio de Janeiro: Editora Lidador Ltda., 1945. 230p.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUES, J. M. L. E FLEXOR, J.M. **Geologia do Quaternário costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo**. 1.ed. Belo Horizonte: CPRM, 1997. 112 p.

MESQUITA, A.R. **Variações do Nível do Mar nas Costas Brasileiras**. Disponível em: <<http://www.mares.io.usp.br/aagn/11o3.html>>. Acesso em: 28 out. 2008.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global é Terrorismo Climático. **Revista Isto É**. São Paulo, ed. 1967, 2007. Disponível em: <<http://terra.com.br/istoe/edicoes/1967/artigo55150-1.htm>>. Acessado em: 20 out. 2008.

OLIVEIRA, P.S. **Descrição e zonação de vermetídeos (Mollusca:Vermetidae) do arquipélago São Pedro e São Paulo, Brasil**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre, 2007, 80p.

ROSMAN. P.C.C. Rio de Janeiro submerso? **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, ed. 238, 2007. Disponível em:< <http://cienciahoje.uol.com.br/94976>>. Acesso em: 28 out. 2008.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro?)**. 1.ed. São Paulo: Paulo's Editora, 1999. 366 p.

SUGUIO, K., ANGULO, R.J., CARVALHO, A.M., CORRÊA, I.C.S., TOMAZELLI, L.J. E VITAL, H. Paleoníveis do Mar e Paleolinhas de Costa. In: OLIVEIRA, A.M.; SOUZA,C.R.G.S.; SUGUIO, K. e OLIVEIRA, P.E. **Quaternário do Brasil**. 1.ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p.114-129.