



## **CAPÍTULO VI**

---

# **OSCILAÇÕES MARINHAS NO SUDESTE BRASILEIRO DURANTE O HOLOCENO E SEUS EFEITOS NA FISIOGRAFIA COSTEIRA**



# OSCILAÇÕES MARINHAS NO SUDESTE BRASILEIRO DURANTE O HOLOCENO E SEUS EFEITOS NA FISIOGRAFIA COSTEIRA

Perla B. de Jesus<sup>1</sup>, Fábio F. Dias<sup>2</sup>, Kita D. Macario<sup>3</sup>, Orangel Aguilera<sup>1</sup> e Carla Carvalho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense, Departamento de Biologia Marinha, Instituto de Biologia, 24020-141, Rio de Janeiro, Brasil. perlabtjs@hotmail.com, orangel.aguilera@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense, Departamento de Análise Geoambiental, Instituto de Geociências, 24030-346, Rio de Janeiro, Brasil. fabiofgeo@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Universidade Federal Fluminense, Departamento de Física, Instituto de Física, 24030-346, Rio de Janeiro, Brasil. kitamacario@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geoquímica, Instituto de Química, 24020-141, Rio de Janeiro, Brasil, c.carvalho@mail.if.uff.br

## RESUMO

Uma maneira de estudar as flutuações do nível relativo do mar é através da construção de curvas, de forma a remontar antigas posições dos níveis marinhos, através de paleoindicadores, se mostrando uma ferramenta importante para a compreensão da evolução costeira no Quaternário. Para essa representação é necessário que os indicadores sejam definidos no espaço, conhecendo a altitude atual em relação ao do nível do mar da época, e no tempo, estabelecendo a idade de sua sedimentação. Visou-se contribuir com os estudos abordando às oscilações marinhas em Armação dos Búzios, Rio de Janeiro (Brasil), recorrendo a bioindicadores, com ênfase no grupo Vermetidae. Foram realizados levantamentos altimétricos das evidências, utilizando GPS geodésico; datações pelo método do <sup>14</sup>C; construção de curva de variação do nível relativo do mar, através do programa Excel e da utilização do polinômio de quarto grau para o estabelecimento da linha de tendência; e reconstituição de antigas paisagens, utilizando o programa ArcScene 10, a partir de simulações realizadas para os diferentes níveis marinhos e as modificações da paisagem ao longo do

Holoceno. Os levantamentos altimétricos e datações radiocarbônicas permitiram a construção de uma curva com máximo em torno de 2.4 m no período de 4.700 - 4.500 anos AP, uma vez que vermetídeos (subfósseis) nos levam a níveis marinhos pretéritos com grande confiabilidade e precisão. Os efeitos dessas oscilações integradas com outros trabalhos na área sugeriram 3 etapas evolutivas: fase de nível do mar mais baixo que o atual (8.148 até 6.300 anos AP), fase de subida do nível do mar (6.300 até 4.500 anos AP) e fase de descida do nível do mar (4.500 anos AP até o presente), estando de acordo com o mapa geológico determinado para o local de estudo e com a distribuição dos depósitos holocênicos.

**Palavras-chave:** vermetídeo; Armação dos Búzios; variação do nível do mar; evolução costeira.

## ABSTRACT

One way to study the relative sea level fluctuations is to construct curves, for establish old sea levels positions with paleoindicators, that is an important tool for understanding coastal evolution in the Quaternary. For this representation it is necessary that the indicators

be defined in space, knowing the current altitude in relation to the sea level of the time, and in time, establishing the age of its sedimentation. This present work aims to contribute to the studies on marine oscillations in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro (Brazil), using bioindicators, with emphasis on the Vermetidae group. Altimetric surveys were realized using geodetic GPS; Dating by the  $^{14}\text{C}$  method; Construction of a relative sea level curve, using the Excel program and the fourth-degree polynomial for the establishment of the trend line; And reconstruction of old landscapes, using the program ArcScene 10, from simulations performed for the different marine levels and the modifications of the landscape along the Holocene. The altimetric surveys and radiocarbon dating allowed the construction of a curve with maximum around 2.4 m in the period of 4,700 - 4,500 years BP, because vermetids (subfossils) take us to marine levels with reliability and precision. Three evolutionary stages were established: sea level lower than the current one (8,148 to 6,300 years BP), rising of sea level (6,300 to 4,500 years BP) and reduced sea level (4,500 years AP to the present), according to the geological map determined for the place of study and with the distribution of Holocene deposits.

**Keywords:** Vermetid; Armação dos Búzios; sea level changes; coastal evolution.

## INTRODUÇÃO

As alterações climáticas ocasionadas pelo aumento da temperatura global, em função do efeito estufa, afetarão diretamente os sistemas costeiros, levando grandes cidades, situadas a alguns metros ou dezenas de metros do mar, a ficarem totalmente submersas, uma vez que as variações no nível marinho são uma das principais consequências dessas mudanças climáticas (WILLIAMS, 2013). Mörner (1984) ressalta que essas oscilações resultam de complexas interações entre superfície do mar e do continente e Martin et al. (1986) acrescentam às causas dessas flutuações, a variação global

do nível marinho (eustasia) e as mudanças dos níveis dos terrenos (tectonismo e isostasia).

Antes de conjecturar as futuras consequências que a transgressão e/ou regressão marinha trará ao sistema costeiro, é importante buscar compreender como as flutuações dos paleoníveis marinhos se comportaram comportando durante o Quaternário na região de interesse (MARTIN et al., 1996). Uma forma de estudar as oscilações marinhas é através da construção de curvas que estabeleçam antigas posições em que os níveis do mar se encontravam, através de paleoindicadores.

Até recentemente acreditava-se que as variações ocorridas no nível do mar eram absolutas, sendo uniformes para as diferentes partes do mundo, como proposto nas curvas delineadas por Fairbridge (1961). Atualmente, devido ao avanço das pesquisas e as diversas curvas construídas, sabe-se que não é possível estabelecer uma única representação em que se generalizem as flutuações do nível do mar, já que essas variações podem ocorrer diferentemente a cada região, permitindo a construção apenas de curvas de variações locais ou regionais (WILLIAMS, 2013). Por isso, as curvas construídas devem ser consideradas relativas, representando as Variações do Nível Relativo do Mar, sendo possível encontrar grande número de curvas distintas, representando os mais diversos locais no mundo.

Diversas curvas foram construídas para o Holoceno Superior no Hemisfério Sul, sendo possível observar as diferenças entre as amplitudes verticais apresentadas, onde não ocorrem curvas análogas para o mesmo hemisfério, variando entre 1 a 6.5 m, porém sem evidências de oscilações de alta frequência nos últimos 5.000 anos (CHAPPELL, 1983; MATSUSHINA et al., 1984; FLOOD; FRANKEL, 1989; ISLA, 1989; PIRAZZOLI, 1991; BEAMAN et al., 1994; BAKER; HAWORTH, 2000; RAMSAY; COOPER, 2002; CAVALLOTTO et al., 2004; SLOSS et al., 2007; LEWIS et al., 2013;

MARTINEZ; ROJAS, 2013). Já no Brasil, o máximo transgressivo não ultrapassou 5.3 m nas curvas construídas para o mesmo período (MARTIN; SUGUIO, 1975; SUGUIO et al., 1985; DOMINGUEZ et al., 1990; MARTIN; SUGUIO, 1992; ANGULO; LESSA, 1997; ANGULO et al., 2002, 2006; DIAS, 2009; SUGUIO et al., 2013; CASTRO et al., 2014; JESUS et al., 2017).

#### **Indicadores de variação do nível do mar**

As variações do nível do mar podem ser estudadas a partir de indicadores geológicos, arqueológico e biológicos (LAMBECK et al., 2010). Os indicadores geológicos podem ser representados por depósitos arenosos praias, afloramentos de rochas praias (*beachrocks*), terraços de abrasão marinha, cavernas e entalhes marinhos. (PIGOTT; TRUMBLY, 1985; MARTIN et al., 1996; SUGUIO, 1999; VOUSDOUKAS et al., 2007). Já com relação aos indicadores arqueológicos, as únicas evidências que podem ser utilizadas nesse tipo de estudo, abrangendo o Holoceno, são os sítios arqueológicos pré-históricos - sambaquis (MARTIN; SUGUIO, 1975; MARTIN et al., 1984, 1986, 1999; SUGUIO et al., 1985, 1991; KNEIP, 2005). Os indicadores biológicos são excelentes evidências de níveis marinhos pretéritos principalmente os organismos sésseis, sendo capazes de deixar registros fósseis ao longo da costa (LABOREL, 1986; LABOREL et al., 1994, 1996; ANGULO et al., 2006). Entre os vários bioindicadores utilizados nesses estudos estão: vermetídeos; conchas de moluscos bivalves; cracas; algas calcárias e tocas de ouriços.

Angulo et al. (2002) classificaram tais indicadores em simples e compostos. Os indicadores simples referem-se às evidências que imprimem informações espaço-temporais, podendo ser utilizado um único indicador, como por exemplo, os tubos de vermetídeos. Já os **compostos** fornecem apenas paleodatas ou paleoníveis, sendo necessária então, a combinação de dois ou mais indicadores, como acontece com fragmentos de madeira e conchas.

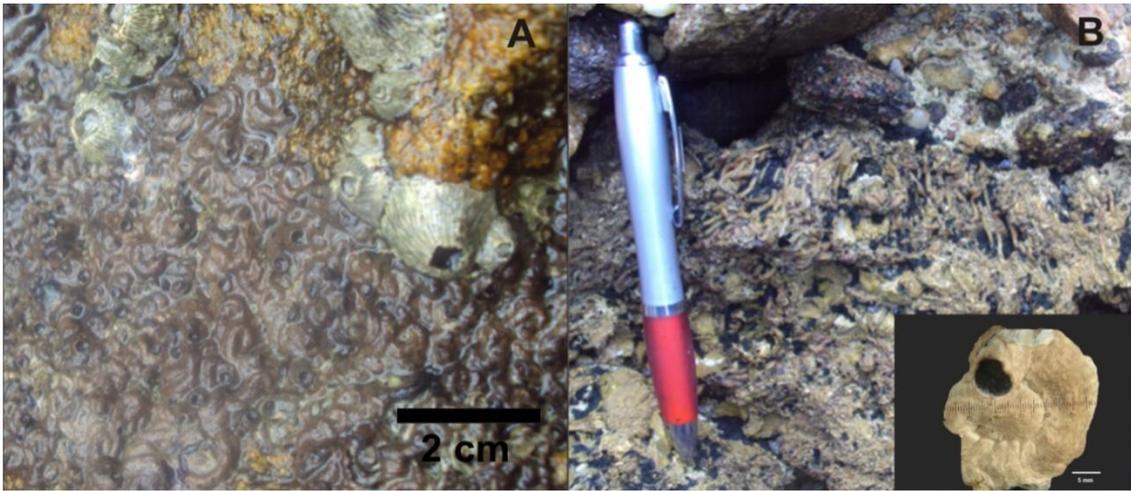
E Martin et al. (1993) alertam que, para a reconstrução de uma curva precisa e completa, é ideal estabelecer um grande número de reconstruções, cobrindo o intervalo de tempo considerado, sendo necessário estabelecer os indicadores no tempo e no espaço (MARTIN et al., 1986). Para a determinação do tempo, é preciso conhecer a idade em que ocorreu a formação ou sedimentação da evidência, utilizando para isso métodos de datação. Já para a definição do espaço é importante definir a altitude atual em relação ao do nível do mar da época (MARTIN et al., 1993).

#### **Vermetídeos**

Esses gastrópodes sésseis, pertencentes à família Vermetidae Rafinesque, 1815 (Mollusca, Prosobranchia, Caenogastropoda), são encontrados fixados a uma base consolidada, formando densas assembleias e possuem conchas tubulares regular ou irregularmente espiraladas, que se projetam acima do substrato (Figura 1A) (KEEN, 1961).

Os tubos de vermetídeos são constituídos por carbonato de cálcio, cristalizado na forma de aragonita (Silenzi et al., 2004), mas que podem sofrer o processo de recristalização de minerais, onde a aragonita se transforma em calcita.

Esses invertebrados marinhos estão distribuídos em águas tropicais e subtropicais, entre as latitudes 44° N e 44° S. Até o presente momento foram descritas 376 espécies, das quais 214 ainda são encontradas atualmente (BIELER; PETIT, 2011). No Brasil foi registrado um total de 16 táxons: 2 de *Dendropoma* Mörch, 1861, 10 de *Petalconchus* Lea, 1843, 3 de *Thylacodes* Guettard, 1770 e 1 de *Thylaeodus* Mörch, 1860 (SPOTORNO et al., 2012). Porém, em vários trechos do litoral brasileiro esses indicadores não são mais localizados com vida, sendo encontrados somente os registros fósseis ao longo do substrato (Figura 1B) (MARTIN et al., 1997; ANGULO et al., 1999; ANGULO et al., 2006; DIAS, 2009; ANGULO et al., 2013).

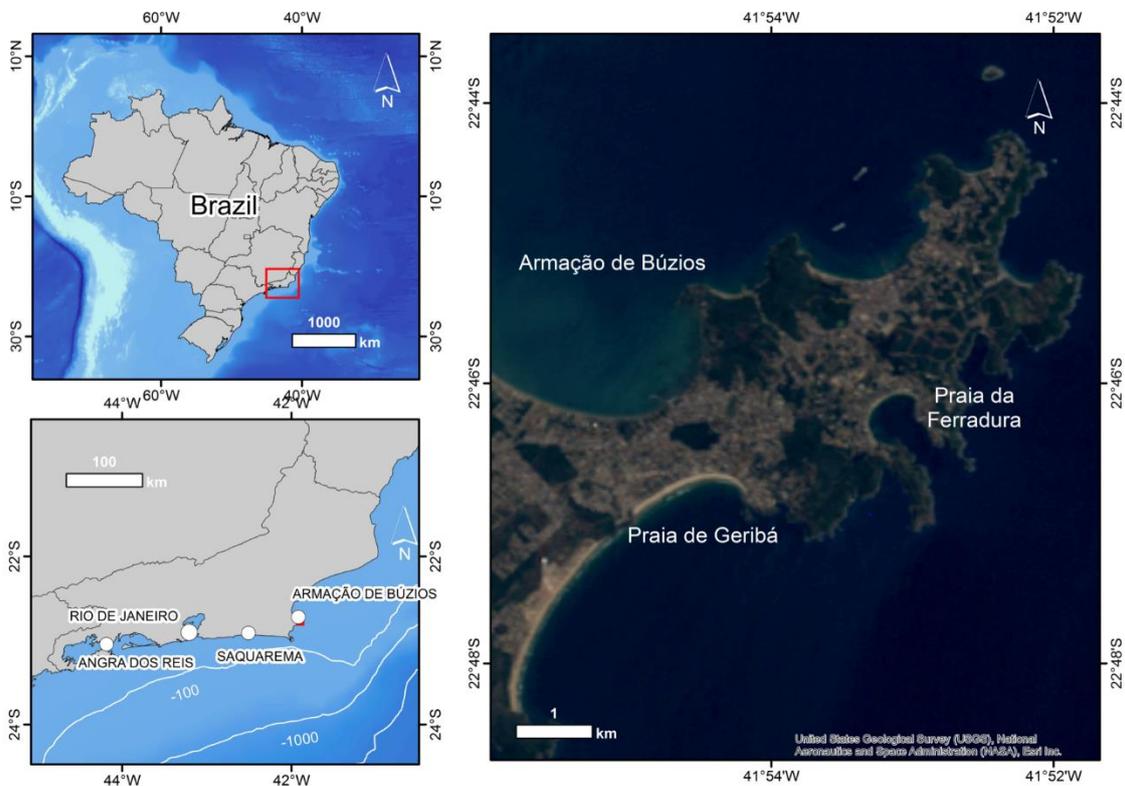


**Figura 1** – A) Recife de vermetídeos localizados em Angra dos Reis; b) vermetídeos subfossilizados, encontrados em Armação dos Búzios.

Pretendeu-se, portanto, contribuir com os estudos referentes às oscilações marinhas no município de Armação dos Búzios, ao norte do Estado do Rio de Janeiro, recorrendo a bioindicadores, com ênfase no grupo Vermetidae.

#### ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa foi realizada em Armação dos Búzios, município pertencente à região das Baixadas Litorâneas do estado do Rio de Janeiro, Brasil, e que se encontra limitada a noroeste, oeste e sudoeste da cidade de Cabo Frio e a norte, leste e sudoeste com o oceano Atlântico (Figura 2).



**Figura 2** – Localização da área de estudo no litoral do município de Armação dos Búzios.

### **Geologia e Geomorfologia da área**

Conhecida como o “Himalaia brasileiro” devido à colisão de blocos continentais da América do Sul e África, que levou à gênese do continente Gondwana e, conseqüentemente, originou uma cadeia de montanhas (SCHMITT, 2001), Armação dos Búzios é caracterizada pela presença de embasamento pré-cambriano, além de sedimentos terciários continentais da Formação Barreiras e por bacias costeiras ou marginais e depósitos quaternários representados, principalmente, por sedimentos lagunares ou de fundos de baía indiferenciados, areias marinhas litorâneas bem selecionadas e sedimentos indiferenciados de lagos e pântanos, provenientes de variações do nível do mar decorridas (MARTIN et al., 1997).

Quanto à geomorfologia é possível dizer que grande parte de Armação dos Búzios é composta por áreas baixas e planas, apresentando também outras formas de relevo, como colinas (declividade entre 5 e 15%, amplitude < 40m), morrotes, morros e montanhas (declividade > 15%, tendo os morrotes amplitude entre 40 e 100 m, os morros entre 100 e 300 m e as montanhas > 300 m) (FROTA et al., 2012).

### **Aspectos climáticos**

Segundo Nimer (1989), a variação anual da precipitação na região de estudo oscila em torno de 800 mm/ano. A ocorrência de chuvas não é padronizada, apresentando contraste quando comparada com o restante do Estado do Rio de Janeiro (BARBIÉRE, 1975, 1984), levando o clima a ser classificado como semi-árido (BARBIÉRE, 1984). Existe na região o predomínio do vento de Nordeste, com maior incidência no verão. Já no inverno ocorre descontinuidade dos ventos de Sul-Sudoeste, responsável pela queda da temperatura e tempestades no local (BARBIÉRE, 1975).

### **Aspectos oceanográficos**

A média da amplitude de maré da área é de aproximadamente 1,0 m, de acordo com Savi

(2007), com base nos registros do marégrafo do Porto do Forno (Arraial do Cabo) para os últimos 18 anos.

A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) da região é inferior a 19°C (KAMPEL, 2002), estando relacionada à ocorrência do fenômeno ressurgência na região de Cabo Frio. Tal fenômeno se dá pelo com o afastamento da massa d'água superficial (Água Tropical – AT), devido à ação dos ventos alísios de Nordeste aliado ao desenho da costa, criando uma área de baixa pressão, o que permite o afloramento das Águas Centrais do Atlântico Sul – ACAS em direção à costa, formando uma espécie de espiral (MESQUITA et al., 1979).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Levantamento altimétrico de indicadores**

O levantamento altimétrico dos vermetídeos com vida, para posterior comparação com seus homólogos fosseis, foi realizado em Angra dos Reis, por ser o local mais próximo da área de estudo em que esses gastrópodes são encontrados com vida, formando assembleias. Sendo assim, foram escolhidos três pontos para a altimetria: Ilha do Brandão, Praia Secreta e Marina Piraquara.

Para a determinação das cotas altimétricas dos pontos de ocorrência entre os vermetídeos vivos e os fósseis (paleoindicadores), foram utilizados rastreadores *GPS Zênite*, com método estático e no modo relativo. Para tal, uma Referência de Nível (RN) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (código da estação: 93520 em Angra dos Reis e 91970, em Armação dos Búzios) foi ocupada por um aparelho e o outro foi utilizado no local de ocorrência dos vermetídeos (Figura 3).

### **Análise mineralógica**

A fim de verificar a ocorrência de recristalização nos subfósseis, uma quantidade de cada amostra foi levada ao laboratório de Difração de Raios X – Ldrx da Universidade Federal Fluminense (UFF). Os difratogramas

foram obtidos em aparelho Bruker D8 advance usando radiação Cu K $\alpha$ , radiação 1.5418 Å e programa EVA do fabricante. Utilizou-se o International Center for Diffraction Data – ICDD (2003) para avaliação das fases encontradas, em seguida, o software MATCH! versão 1.11 foi utilizado para a confirmação dos resultados da proporção qualitativa (%) entre os minerais.



**Figura 3** – Estação 93520 do IBGE utilizada como base de campo, em Angra dos Reis (RJ).

#### **Análise radiocarbônica**

O processo da datação deu-se pelo método do  $^{14}\text{C}$ , no laboratório de radiocarbono – LAC (UFF). Utilizou-se para o tratamento químico ácido clorídrico (HCl), por se tratar de material carbonático, cuja concentração e volume variaram de acordo com a massa de cada amostra (amostras variaram entre 20-40 mg). A medição dos isótopos foi obtida no acelerador SSAMS (NEC), com único estágio de aceleração de 250 kV, através da técnica de Espectrometria de Massa com Aceleradores (AMS-Accelerator Mass Spectrometry).

As idades convencionais obtidas foram calibradas no programa *OxCal* (Bronk Ramsey, 1995), versão 4.2, e para a correção dos fatores

do efeito reservatório marinho, utilizou-se dados de calibração marinha (*Marine13*), conforme Reimer et al. (2013), e  $\Delta R = 32 \pm 44$  (ALVES et al., 2015).

#### **Representação das variações do nível do mar**

De posse das informações de altitude e idade dos indicadores, foi possível a construção de um gráfico representando os paleoníveis e suas oscilações no tempo, através do programa Excel, onde o eixo das abscissas (x) foi ocupado com as médias das idades calibradas e eixo das ordenadas (y), com as altitudes das amostras. Foram acrescentados a esse gráfico, os dados dos indicadores presentes no trabalho de Dias (2009), para a região de Cabo Frio, Arraial do Cabo e Armação dos Búzios, para assim, garantir a construção de uma curva de variação do nível do mar mais consolidada. Esses dados foram recalibrados no programa *OxCal* (Bronk Ramsey, 1995), versão 4.2 e  $\Delta R = 32 \pm 44$  (ALVES et al., 2015), para que todos os dados possuíssem o mesmo padrão de calibração. Utilizou-se o polinômio de quarto grau no estabelecimento da linha de tendência da curva.

#### **Desenvolvimento do modelo 3-D**

Para essa etapa foi gerado um Modelo Digital do Terreno (MDT), utilizando curvas de nível da Prefeitura de Armação dos Búzios na escala de 1:10.000, com projeção UTM, fuso 24, datum SAD-69 e dados batimétricos da área, conforme a folha de bordo com dados cedidos pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) da DHN da Marinha do Brasil, nos programas ArcMap 10 e ArcScene 10 (Figura 3). Em seguida, gerou-se o modelo 3-D, elaborado no formato vetorial pela rotina: 3-D Analyst Tools, TIN Management, Create TIN.

Foi realizada uma reclassificação das altitudes, colocando-se o intervalo de 0,5 em 0,5m, nos primeiros 5 metros, para se representar as variações do nível relativo do mar com as informações contidas nos indicadores coletados no campo.

## Reconstituição da paisagem durante o Holoceno

A partir do MDT gerado foi possível realizar simulações dos diferentes níveis marinhos, utilizando o programa *ArcScene* 10. Para a demonstração do posicionamento do nível médio do mar no passado utilizou-se a relação entre os dados altimétricos dos indicadores biológicos (vermetídeos) encontrados no campo com a faixa que seus homólogos vivos ocupam no costão rochoso. Dessa maneira, os valores da cota zero foram alterados para demonstração do paleoambiente. As simulações foram comparadas com o mapa geológico da área e a reconstrução foi baseada na análise das evidências obtidas em campo e também nas informações contidas em outros trabalhos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Reconstrução de paleoníveis marinhos

As alturas ortométricas dos vermetídeos recentes dos três pontos levantados encontraram-se em torno de -0.4 m (Tabela 1), referindo-se a locais abrigados. Esse padrão encontrado deve-se ao fato desses organismos estarem localizados em áreas abrigadas. Ao

contrário de Dias (2009), que observou a presença desses invertebrados com vida, na Ilha de Búzios (Angra dos Reis), em torno de 1 m acima do nível relativo do mar. Esse autor relacionou essa ocorrência à exposição direta das ondas nesse local, devido o alto hidrodinamismo, o que, de acordo com Laborel (1986), eleva a faixa de vida dessas espécies. Dessa maneira, a margem de erro adotada foi baseada na hidrodinâmica local, onde  $\pm 0.5$  m correspondeu a áreas mais abrigadas, e  $\pm 1.0$  m, a áreas mais expostas às ondas.

Como uma alternativa para determinação de paleoníveis em locais onde os homólogos vivos desses indicadores não ocorrem mais, Angulo et al. (2002) e Ribeiro et al. (2011) utilizaram como referência o limite superior de vida de colônias do poliqueta *Phragmatopoma lapidosa* Kinberg, 1867, que se situam em nível equivalente ao limite superior de vida dos *Petalochonchus*. Como na área de estudo não ocorre a presença desses anelídeos em todas as praias, preferiu-se utilizar como referência a formação recifal de vermetídeos mais próxima ao local de estudo, no caso, Angra dos Reis, como aplicado em estudo de Dias (2009).

**Tabela 1** – Coordenadas e alturas dos vermetídeos vivos localizados em Angra dos Reis (*datum* SAD-69).

Local	Coordenadas geográficas	Altura elipsoidal (m)	Altura ortométrica (m)
Ilha Brandão	-23°01'35.009"	-4.964	-0.404
	-44°23'55.174"		
Praia Secreta	-23°00'18.299"	-4.971	-0.411
	-44°26'30.458"		
Marina Piraquara	-23°01'8.433"	-4.994	-0.434
	-44°26'23.802"		

Já as alturas dos paleoindicadores variaram entre 0.24 e 2.25 m, acima do nível atual do mar, num total de 10 pontos de ocorrência levantados: praia de Ferradura, praia da Foca 1, praia da Foca 2, praia Brava 1, praia Brava 2, praia de João Fernandes, praia de Geribá, praia da Tartaruga, praia da Azeda e praia de Caravelas,

com as idades calibradas variando entre 1137 – 752 e 4785 – 4439 anos AP (Tabela 2).

Essas evidências foram encontradas acima do nível do mar atual, na região supralitoral, localizados, em sua maioria, nas reentrâncias das rochas, em porções não voltadas ao mar

(Figura 5), estando de acordo com Angulo et al. (1999) e Ribeiro et al. (2011). O posicionamento desses organismos no costão rochoso pode ser um reflexo das estratégias de proteção frente à ação direta das ondas, podendo elucidar sua

conservação ao longo de um período extenso. Após a análise mineralógica das amostras de paleovermetídeos, foi observada presença predominante do mineral aragonita (Figura 4).

**Tabela 2** – Coordenadas geográficas, idades convencional e calibrada e informações sobre as alturas dos indicadores biológicos localizados em Armação dos Búzios.

Código da amostra	Local	Coordenadas geográficas	Idade convencional (anos AP)	Idade calibrada (anos AP)	Altura elipsoidal (m)	Altura ortométrica (m)	Erro associado (m)
140188	Ferradura	-22°46'24.486" -41°53'6.618"	1397 ± 81	1137 - 752	-5.700	0.243	± 0.5
140189	Foca 1	-22°45'52.642" -41°52'40.170"	1652 ± 82	1357 - 1002	-4.845	1.098	± 1.0
140190	Foca 2	-22°45'52.524" -41°52'40.274"	1918 ± 72	1627 - 1293	-4.505	1.438	± 1.0
140191	Brava 1	-22°45'17.709" -41°52'7.590"	3139 ± 64	3097 - 2753	-4.575	1.368	± 1.0
140192	Brava 2	-22°45'19.346" -41°52'8.871"	2736 ± 68	2675 - 2299	-4.321	1.622	± 1.0
140193	João Fernandes	-22°44'24.143" -41°52'25.820"	2094 ± 60	1820 - 1517	-4.720	1.223	± 0.5
140194	Geribá	-22°46'57.915" -41°54'57.525"	1968 ± 31	1610 - 1400	-4.684	1.259	± 1.0
140195	Tartaruga	-22°45'13.824" -41°54'1.643"	1304 ± 52	949 - 715	-5.355	0.588	± 0.5
140197	Azeda	-22°44'33.198" -41°52'55.505"	2489 ± 45	2289 - 2003	-4.917	1.026	± 0.5
140199	Caravelas	-22°48'49.963" -41°57'11.008"	4439 ± 54	4785 - 4439	-3.692	2.251	± 1.0

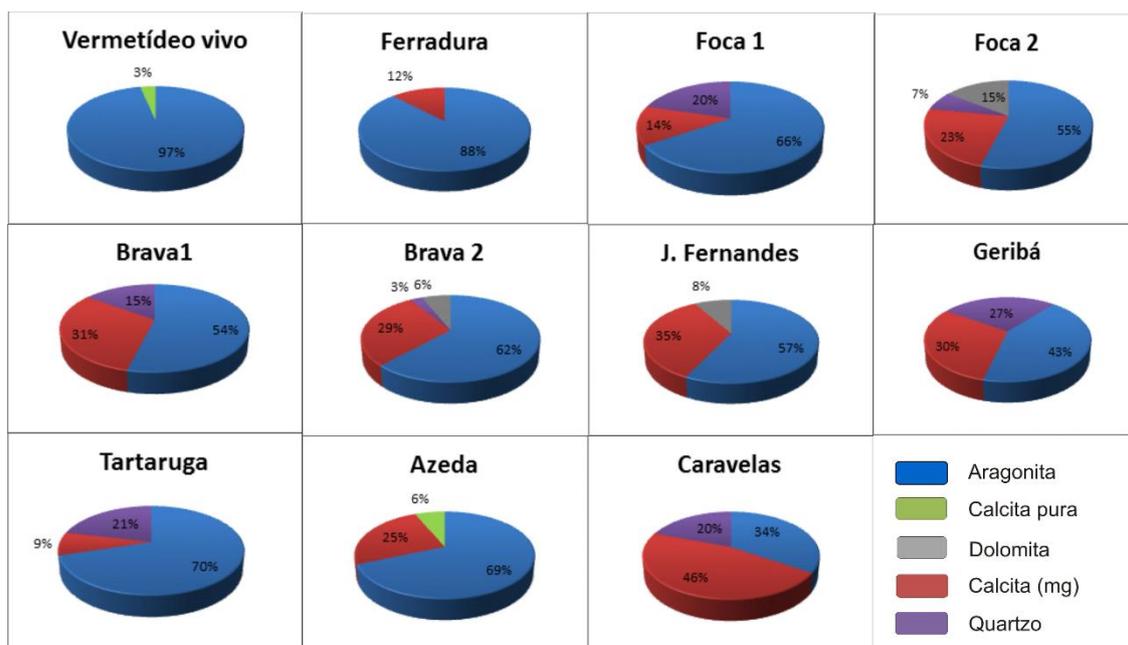
O processo de recristalização dos minerais em conchas carbonáticas (transformação de aragonita em calcita, no caso dos vermetídeos) pode levar a uma interpretação errônea dos dados, devido ao rejuvenescimento das datações (MENDONÇA; GODOY, 2004). Angulo et al. (2002) e Ribeiro et al. (2011) mostraram preocupação com o rejuvenescimento que os vermetídeos podem sofrer. Angulo et al. (2002) alertou para a necessidade de utilizar a técnica de tratamento com ácido antes da datação com radiocarbono, porém, sem realizar análises mineralógicas por difração de raios X para averiguar os minerais ocorrentes.

Além de erros causados pelo rejuvenescimento da amostra, problemas quanto à calibração também podem interferir nos resultados das idades, seja pela ausência desse processo ou até erro ao realizá-lo. A calibração é muito importante, pois, além de garantir a confiabilidade dos resultados corrigindo as variações na concentração isotópica atmosférica, converte as idades convencionais nas de calendário (BECKER, 1993; HADJAS, 2009; REIMER et al., 2013).

Com as alturas e médias das idades calibradas dos indicadores biológicos foi construída uma curva de variação do nível

relativo do mar durante o Holoceno, a partir de 25 paleoníveis diferentes (Figura 6). Observou-se que o nível do mar ultrapassou o zero atual em aproximadamente 6.300 anos AP, com máximo transgressivo tendo sido alcançado em torno de 4.700 – 4.500 anos. Tal curva apresenta semelhança com as do Hemisfério Sul, não apresentando oscilações após seu máximo

transgressivo (CHAPPELL, 1983; FLOOD; FRANKEL, 1989; ISLA, 1989; PIRAZZOLI, 1991; BEAMAN et al., 1994; CAVALLOTTO et al., 2004; LEWIS et al., 2013; MARTINEZ; ROJAS, 2013), inclusive com curvas estabelecidas para o Brasil (ANGULO; LESSA, 1997; ANGULO et al., 2006; DIAS, 2009; CASTRO et al., 2014), como é possível observar na Figura 13.



**Figura 4** – Gráficos representando uma estimativa da distribuição de minerais nas amostras de vermetídeos.

Foi utilizado o polinômio de 4ª grau para o estabelecimento da linha de tendência da curva, com coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,7916$ ) mais adequado e tendo sido o que melhor atendeu a maioria das altitudes das amostras, levando-se em consideração as suas margens de erro.

#### Reconstituição paleoambiental

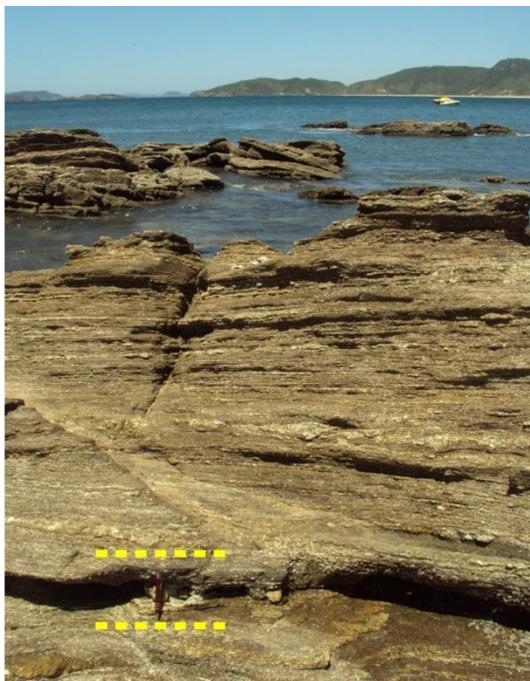
Foram estabelecidas 3 fases paleoambientais para Armação dos Búzios, a partir das simulações dos diferentes níveis marinhos realizadas e da análise das evidências obtidas em campo e por outros autores (MARTIN et al., 1997; DIAS 2009; FREITAS, 2011), considerando também a topografia e processos costeiros que ocorrem na área, sendo elas: fase

de nível do mar mais baixo que o atual (8.148 até 6.300 anos AP), fase de subida do nível do mar (6.300 até 4.500 anos AP) e fase de descida do nível do mar (4.500 anos AP até o presente).

#### **1ª Fase: Nível do mar mais baixo que o atual (8.148 até 6.300 anos AP)**

Nesse período o nível do mar em Armação dos Búzios encontrava-se inferior ao do presente, mas em ascensão, ultrapassando o zero atual em aproximadamente 6.300 anos AP. Essa fase teve início com as praias localizadas mais externamente, no sentido do oceano (8.148 – 7.666 anos AP), com a presença de um sistema barreira-laguna mais externo. Durante esse período foi registrado que a atual enseada de Manguinhos (Figura 7A), a lagoa de Geribá

(Figura 7B) e a lagoa de Ferradura (Figura 7C), ainda não tinham sido formadas, onde esta última dava lugar a uma planície costeira, com a presença de uma paleolagoa (Figuras 7C e 8).



**Figura 5** – Agregados de paleovermetídeos localizados em reentrância de um costão rochoso (linhas amarelas), na praia de Geribá, em lado posterior ao mar.

A ocorrência de uma amostra da Lagoa de Ferradura datada em 8.148 – 7.666 anos AP e classificada como continental, através das características dos sedimentos presentes no testemunho, assim como ausência de evidências marinhas (FREITAS, 2011), sugere que o nível do mar estivesse abaixo do atual. O registro palinológico descrito por Freitas (2011) indica se tratar de um paleoambiente dominado por vegetação arbustivo-arbórea de Restinga Aberta crescendo sobre o cordão litorâneo. A autora sugere também a presença de uma paleolagoa instalada nessa região antes da subida do nível do mar.

O nível do mar teria permanecido subindo, ultrapassando o zero atual em aproximadamente 6.300 anos AP. Há evidência de uma paleolagoa já estabelecida antes que o nível do

mar ultrapassasse a cota atual na enseada de Manguinhos (MARTIN et al., 1997), com conchas possuindo idade radiocarbônica de 7.055 – 5.565 anos AP, sendo o registro mais antigo com evidência de uma laguna nas proximidades.

### **2ª Fase: Subida do nível do mar (6.300 até 4.500 anos AP)**

Essa fase teve início com o nível marinho ultrapassando o zero atual, em aproximadamente 6.300 anos AP, permanecendo em ascensão até alcançar seu máximo transgressivo, em 4.700 – 4.500 anos AP. Nessa fase as mudanças no paleoambiente foram marcadas pela migração da barreira da enseada de Manguinhos (Figuras 9A e 10.A) e das praias em direção ao continente, além da expansão do corpo d'água da antiga paleolagoa de Manguinhos (Figura 9B) e de Ferradura, esta passando a ter contato com o mar (Figura 9C). Registrou-se também o afogamento das planícies costeiras, próximo à lagoa de Ferradura (Figura 10B), e Tucuns (Figura 10C) à medida que o nível do mar subia, com o desligamento de duas partes das regiões.

Dias (2009) obteve uma amostra da região que tem boa correlação com o período de máximo transgressivo aqui proposto: 4.773 – 4.400 anos AP.

As conchas datadas para a enseada de Manguinhos por Martin et al. (1997): 6.515 – 5.471 anos AP; 6.604 – 5.565 anos AP; e por Dias (2009): 6.418 – 6.268 anos AP, indicam que vários sistemas lagunares se estabeleceram, provavelmente devido a subida do nível marinho.

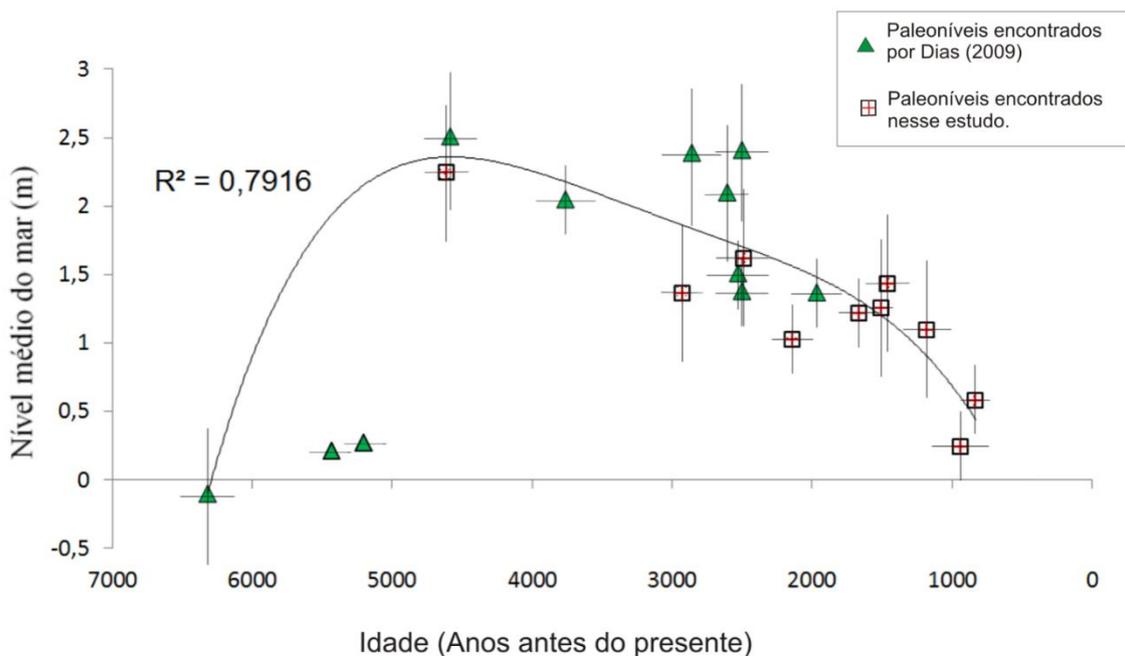
Dados referentes às conchas datadas por Dias (dados não publicados) (6.418 – 6.268 anos AP), com altura superior a 0,50 m somadas a amostra de carvão datada por Dias (2009) (6.440 – 6.200 anos AP), com -0,10 m, podem explicar o fato da porção norte do local de estudo ter inundado antes da porção sul, devido à topografia.

Com a subida do nível do mar a barreira localizada na enseada de Manguinhos migrou em direção ao continente, como explica a regra

de Bruun (1962). As praias também sofreram deslocamento em direção continente.

Com o nível do mar tendo subido ao máximo, ocorreu o alagamento da planície costeira em várias partes, separando a península de Armação dos Búzios do continente na altura da

lagoa de Ferradura e em Tucuns, além de levar as praias a terem reentrâncias mais acentuadas. Dias (2009) já havia sugerido a separação de Búzios na altura de Tucuns, após 6.335 – 5.574 anos AP, quando o mar encontrava-se 2,0 m acima do atual.



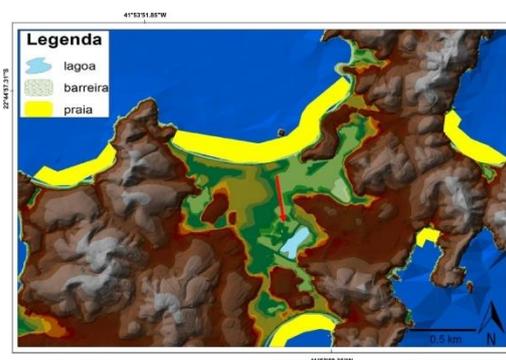
**Figura 6** – Curva do nível relativo do mar para Cabo Frio, Arraial do Cabo e Armação dos Búzios, utilizando paleoníveis do presente estudo, representados por quadrados, e de Dias (2009), representados por triângulos.



**Figura 7** – Reconstituição paleoambiental de Armação dos Búzios correspondente à 1ª fase. (A): Enseada de Manguinhos; (B): Geribá; (C): Ferradura.

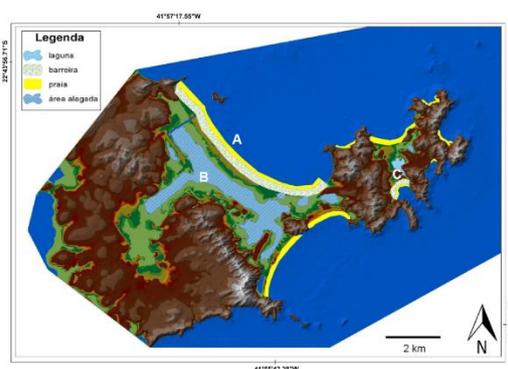
Em Ferradura, Freitas (2011) relatou a ocorrência de vegetação de Manguezal em 5.890

anos AP. A autora também classifica suas outras datações como lagunares (5.456 – 4.902 anos AP; 5.440 – 4.967 anos AP; 5.301 – 4.865 anos AP), comprovando o estabelecimento da paleolaguna nessa época.

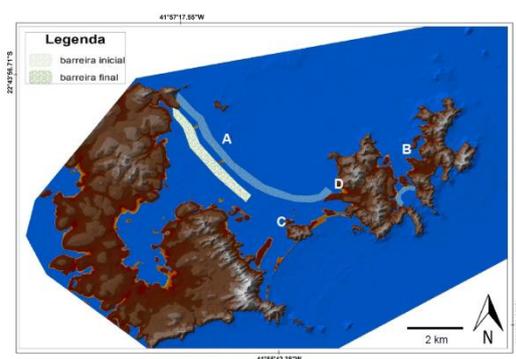


**Figura 8** – Zoom da paleolagoa de Ferradura reconstituída (em destaque com seta).

Tendo alcançado o máximo, o nível do mar começou a baixar, como observado na curva construída. Além disso, não há relatos de concheiros na região ou entorno que sejam de idades mais recentes que 5.000 anos, o que indica que após o máximo algumas lagunas começaram a sofrer dessecação.



**Figura 9** – Reconstituição paleoambiental de Armação dos Búzios correspondente ao início da 2ª fase. (A): Enseada de Manguinhos; (B): Área alagada onde antes se encontrava a paleolaguna de Manguinhos; (C): paleolaguna de Ferradura.

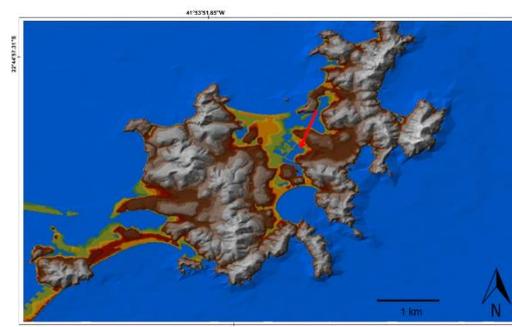


**Figura 10** – Reconstituição paleoambiental de Armação dos Búzios correspondente ao início da 2ª fase. (A): Enseada de Manguinhos; (B): Ferradura; (C) Tucuns; (D): Geribá.

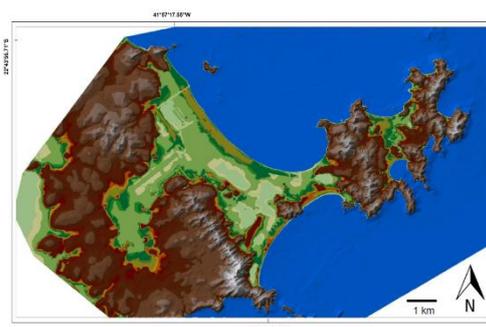
### **3ª Fase: Descida do nível do mar (4.500 anos AP até o presente)**

Esta fase marcou o rebaixamento do nível médio do mar até atingir o nível atual. Com a barreira da enseada de Manguinhos e as linhas de costa migraram no sentido do oceano até assumirem a posição do presente, onde a

paleolaguna que havia se instalado sofreu ressecamento. Já em Ferradura, a paleolaguna começou a deixar de ter ligação com o mar (Figura 11) até tornar-se atual lagoa (Figura 12). Em outras áreas se formaram áreas pantanosas.



**Figura 11** – Reconstituição paleoambiental de Armação dos Búzios correspondente ao início da 3ª fase, destacando o início da configuração da paleolaguna de Ferradura em lagoa.



**Figura 12** – Reconstituição paleoambiental de Armação dos Búzios correspondente à 3ª fase, caracterizando o ambiente atual.

Segundo Freitas (2011), a paleolaguna de Ferradura começou a sofrer confinamento a partir de 4.410 anos AP, passando à lagoa a partir de 2.810 anos AP. A autora também apresenta uma datação de 4.078 – 3.823 anos AP, classificada como lagunar e, que mesmo sendo mais recente que o início dessa fase, é possível sugerir a existência da paleolaguna de Ferradura em 3.823 anos AP.

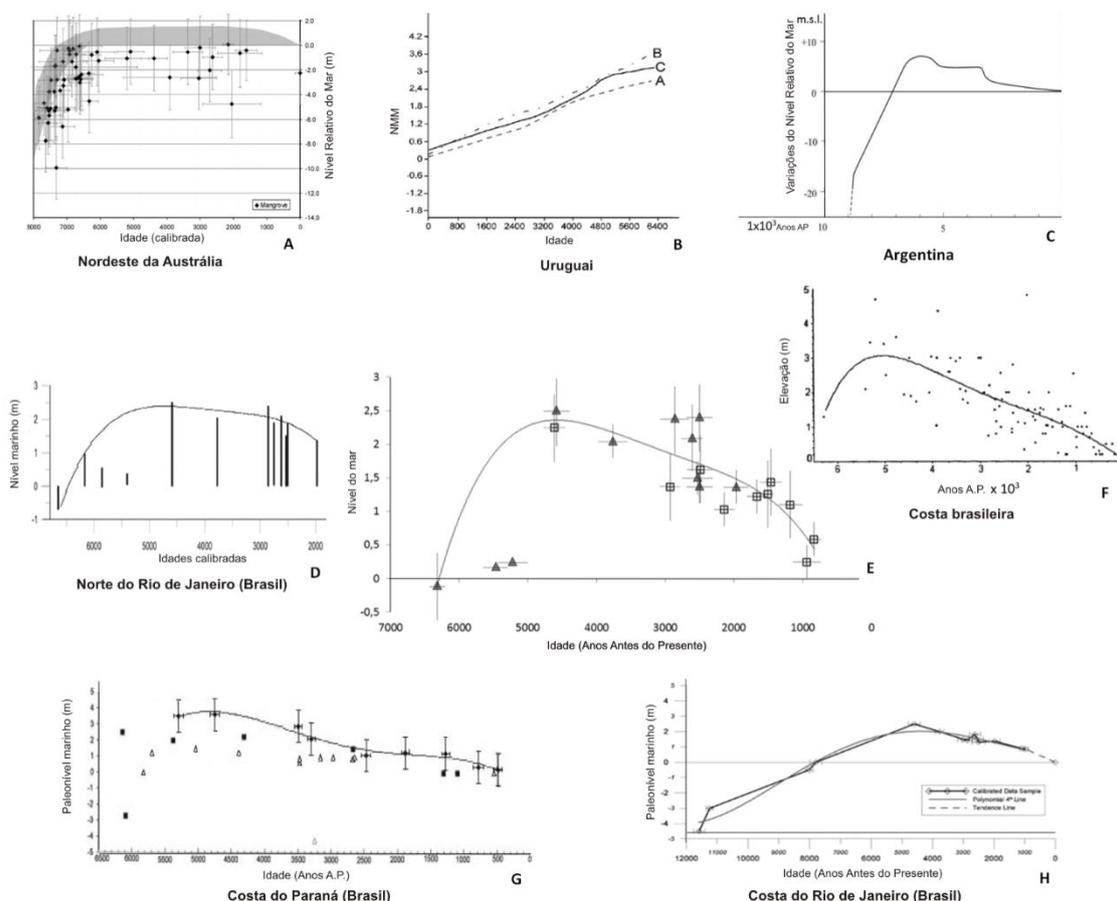
Outras áreas onde a planície encontrava-se alagada perderam o contato com o mar, com a descida do nível marinho, sofrendo ressecamento, e em alguns casos, formaram-se

pântanos, além da instauração de cordões arenosos. Lagunas em topografias mais altas sofreram redução de seu espelho d'água.

## CONCLUSÕES

Idades rejuvenescidas e a ausência de calibração das idades radiocarbônicas, ou até

descuido nesse processo, podem aumentar possíveis erros no eixo das abscissas das curvas de variação do nível do mar construídas, interferindo nos resultados finais e interpretação dos mesmos.



**Figura 13** – Curvas de nível do mar distribuídas no hemisfério sul. A: Norte da Austrália, modificado de Lewis (2013); B: Uruguai, Modificado de Martinez; Rojas (2013); C: Argentina, modificado de Cavallotto et al. (2004); D: Cabo Frio - Armação dos Búzios (RJ); Modificado de Dias (2009); E: curva construída neste trabalho; F: curva construída a partir de vermetídeos publicados ao longo da costa brasileira, por Angulo; Lessa (1997); G: Costa do Paraná, modificado de Angulo et al., (2002); H: Costa do Rio de Janeiro, modificada de Castro et al. (2014).

A curva para Armação dos Búzios, Arraial do Cabo e Cabo Frio foi construída utilizando 21 paleoníveis, apresentando máximo transgressivo ocorrendo entre 4.700 – 4.500 anos AP, com altitude máxima em torno de 2.4 m, indo ao encontro com as curvas propostas para o Hemisfério Sul. O acréscimo de paleoníveis

permitiu a construção de uma curva mais precisa, corroborando a importância da integração de informações.

O modelo evolutivo pode ser sintetizada em 3 fases, estando de acordo com o mapa geológico determinado para o local de estudo e com a distribuição dos depósitos holocênicos. Durante

essas fases estabelecidas, Armação dos Búzios apresentou as regiões mais planas submersas, em momentos em que o nível do mar encontrava-se mais elevado.

Com uma possível subida do mar na região, provavelmente essas mesmas áreas ficarão submersas, assim como as moradias e estabelecimentos ali presentes.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, E-26/110.138/2014) pelo apoio financeiro. Ao Rudiger Bieler, Renato Guimarães, Jackson Resende, Catia Fernandes Barbosa e Alberto Luis da Silva, pela assistência.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.; MACARIO, K.; SOUZA, R.; PIMENTA, A.; DOUKA, K.; OLIVEIRA, F.; CHANCA, I.; SUGUIO, R. 2015. Radiocarbon Reservoir corrections on the Brazilian coast from pre-bomb marine shells. *Quaternary Geochronology*, 29(2015): 30-35.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. 1997. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, 140(1-2): 141-166.
- ANGULO, R. J.; GIANNINI, P. C. F.; SUGUIO, K.; PESSENDA, L. C. R. 1999. Relative sea-level changes in the last 5500 years in southern Brazil (Laguna – Imbituba region, Santa Catarina state) based on vermetid <sup>14</sup>C ages. *Marine Geology*, 159: 323-339.
- ANGULO, R. J.; PESSENDA, L. C. R.; SOUZA, M. C. 2002. O significado das datações ao <sup>14</sup>C na reconstrução de paleoníveis marinhos e na evolução das barreiras quaternárias do litoral paranaense. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(1): 95-106.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. de. 2006. A critical review of mid-to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, 25: 486-506.
- ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C.; CAMPOS, T. F. C.; BEZERRA, F. H. R.; FERNANDES, L. A.; GIANNINI, P. C. F.; PITOMBO, F. B.; VEIGA, F. A. 2013. Evidence for Late Quaternary episodic uplift of the São Pedro and São Paulo Archipelago, Equatorial Atlantic. *Quaternary International*, 317: 102-111.
- BAKER, R. G. V.; HAWORTH, R. J. 2000. Smooth or oscillating late Holocene sea-level curve? Evidence from cross-regional statistical regressions of fixed biological indicators. *Marine Geology*, 163: 353-365.
- BARBIÉRI, E. B. 1975. Ritmo climático e extração de sal em Cabo Frio. *Revista Brasileira de Geografia*, 37(4): 23-109.
- BARBIÉRE, E. B. 1984. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In: Luiz Duque de Lacerda, D. S. D. Araujo, R. Cerqueira e Bruno Turq (Orgs.) *Restingas: Origem, Estrutura, Processos*. Niterói: CEUFF, 1984. pp. 3-13.
- BEAMAN, R.; LARCOMBE, P.; CARTER, R.M. 1994. New evidence for the Holocene sealevel high from the inner shelf, Central Great Barrier Reef, Australia. *Journal of Sedimentary Research*, 64(4a): 881-885.
- BECKER, B. 1993. An 11,000-year german oak and pine dendrochronology. *Radiocarbon*, 35(1): 201-213.
- BIELER, R.; PETIT, R. E. 2011. Catalogue of Recent and Fossil "Worm-Snail" Taxa of the Families Vermetidae, Siliquariidae, and Turritellidae (Mollusca: Caenogastropoda). *Zootaxa*, 2948: 1-103.
- BRONK RAMSEY, C. 1995. Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy:

- The OxCal Program. *Radiocarbon*, 37(2): 425-430.
- BRUUN, P. 1962. Sea level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Waterways and Harbors Division*, 88: 117-130.
- CASTRO, J. W. A.; SUGUIO, K.; SEOANE, J. C. S.; CUNHA, A. M.; DIAS, F. F. 2014. Sea-level fluctuations and coastal evolution in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(2): 671-683.
- CAVALLOTTO, J. L.; VIOLANTE, R. A.; PARKER, G. 2004. Sea-level fluctuations during the last 8600 years in the de la Plata river (Argentina). *Quaternary International*, 114: 155-165.
- CHAPELL, J. 1983. Evidence for a smoothly falling sea level relative to north Queensland, Australia, during the past 6,000 yr. *Nature*, 302(5907): 406-408.
- DIAS, F. F. 2009. *Variações do Nível Relativo do Mar na Planície Costeira de Cabo Frio e Armação dos Búzios - RJ: Reconstrução Paleoambiental Holocênica e Cenários Futuros*. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 145 pp.
- DOMINGUEZ, J. L. M.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; LEÃO, Z. N. A. M.; AZEVEDO, A. E. G. 1990. Geologia do Quaternário costeiro do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geociências*, 20(1-4): 208-215.
- FAIRBRIDGE, R. W. Eustatic changes in sea level. *Physics and chemistry of the Earth*, v. 4, pp. 99-185, 1961.
- FLOOD, P. G.; FRANKEL, E. 1989. Late Holocene higher sea level indicators from eastern Australia. *Marine Geology*, 90: 193-195.
- FREITAS, A. G. 2011. *Registro palinológico e mudanças ambientais holocênicas na península de Armação dos Búzios, Região dos Lagos - RJ, Brasil*. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 142 pp.
- FROTA, K. C. P.; SILVA, D. S. V. M.; SEABRA, V. S. 2012. O uso de ferramentas de geoprocessamento para a elaboração de mapeamento geomorfológico. In: 9º SINAGEO - *Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Rio de Janeiro, 2012, pp. 1-5.
- HADJAS, I. 2009. Applications of radiocarbon dating method. *Radiocarbon*, 51(1): 79-90.
- ISLA, F. I. 1989. Holocene sea-level fluctuation in the Southern Hemisphere. *Quaternary Science Reviews*, 8: 359-368.
- JESUS, P. B.; DIAS, F. F.; MUNIZ, R. A.; MACÁRIO, K. C. D.; SEOANE, J. C. S.; QUATTROCIOCHI, D. G. S.; CASSAB, R. C. T.; AGUILERA, O.; SOUZA, R. C. C. L.; ALVES, E. Q.; CHANCA, I. S.; CARVALHO, C. R. A.; ARAUJO, J. C. 2017. Holocene paleo-sea level in southeastern Brazil: an approach based on vermetids shells. *Journal of Sedimentary Environments*, 2(1): 35-48.
- KAMPEL, M. 2002. *Sensoriamento Remoto Aplicado à Oceanografia*. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, v. 6, 31 pp.
- KEEN, A. M. 1961. A proposed reclassification of the gastropod family Vermetidae. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, 7: 183-213.
- KNEIP, A. 2005. A arqueologia na construção e na calibração de curvas locais de variação do nível médio do mar. In: *X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA*. Guarapari, ES, 2005, 6 pp. Disponível em: <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/0317\\_andreas\\_kneip.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/0317_andreas_kneip.pdf)>. Data de acesso: 20 set. 2013.

- LABOREL, J. 1986. Vermetids gastropods as sea-level indicators. In: Orson Van de Plassche (Ed). *Sea-Level Research: A Manual for the Collection and Evaluation of Data*. Norwich: Geo Books, pp. 281-310.
- LABOREL, J.; LABOREL-DEGUEN, F. 1994. Biological indicators of relative sea-level variation and of co-seismic displacements in the Mediterranean area. *Journal of Coastal Research*, 10(2): 395-415.
- LABOREL, J.; LABOREL-DEGUEN, F. 1996. Biological indicators of Holocene sea-level and climatic variations on rocky coasts of tropical and subtropical regions. *France Quaternary International*, 31: 53-60.
- LAMBECK, K.; WOODROFFE, C. D.; ANTONIOLI, F.; ANZIDEI, M.; GEHRELS, W. R.; LABOREL, J.; WRIGHT, A. J. 2010. Paleoenvironmental Records, Geophysical Modeling, and Reconstruction of Sea-Level Trends and Variability on Centennial and Longer Timescales. In: John A. Church, Philip L. Woodworth, Thorkild Aarup, W. Stanley Wilson (Eds.) *Understanding Sea-Level Rise and Variability*. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell, pp. 61-121.
- LEWIS, S. E.; SLOSS, C. R.; MURRAY-WALLACE, C. V.; WOODROFFE, C. D.; SMITHERS, S. G. 2013. Post-glacial sea-level changes around the Australian margin: a review. *Quaternary Science Reviews*, 74: 115-138.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. 1975. The State of São Paulo coastal marine Quaternary Geology: The ancient strandlines. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 47: 249-263.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M. 1984. Informações adicionais fornecidas pelos sambaquis na reconstrução de paleolinhas de praias quaternárias. *Revista de Pré-História*, 6: 128-147.
- MARTIN, L.; MÖRNER, N.-A.; FLEXOR, J.-M.; SUGUIO, K. 1986. Fundamentos e reconstrução de antigos níveis marinhos do Quaternário. *Boletim IG-USP, Publicação Especial*, 4: 1-161.
- MARTIN, L.; SUGUIO, S. 1992. Variation of coastal dynamics during the last 7000 years recorded in beach-ridge plains associated with river mouths: example from the central Brazilian coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99: 119-140.
- MARTIN, L.; SUGUIO, S.; FLEXOR, J. M. 1993. As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de "deltas" brasileiros. *Boletim IG-USP, Publicação Especial*, 15: 01-186.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; FLEXOR, J.-M.; SUGUIO, K. 1996. Quais seriam as consequências de uma eventual subida rápida do nível do mar? Considerações a partir da análise de exemplos pretéritos. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia: Geologia e Sociedade*. Núcleo Bahia: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996, pp. 275-277.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUES, J. M.; FLEXOR, J. M. 1997. *Geologia do Quaternário costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo*. Belo Horizonte: CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), 112 pp.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. 1999. Reavaliação das variações do nível relativo do mar ao longo do litoral sudeste brasileiro: idades calendárias e informações adicionais. In: *VII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA*. Porto Seguro, BA, 3 pp. <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/viiab\\_equa\\_zco001.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/viiab_equa_zco001.pdf)>. Data de acesso: 06 fev. 2017.

- MARTINEZ, S.; ROJAS, A. 2013. Relative sea level during the Holocene in Uruguay. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 374: 123-131.
- MATSUSHINA, Y.; SUGIMURA, A.; BERRYMAN, K.; ISHII, T.; MAEDA, Y.; MATSUMOTO, E.; YONEKURA, N. 1984. Holocene sea-level changes in Fiji and Western Samoa. In: A. Sugimura (Ed.) *Sealevel changes and tectonics in the Middle Pacific*, HIPAC Team, Kobe, pp. 137-185.
- MENDONÇA, M. L. T. G.; GODOY, J. M. 2004. Datação radiocarbônica de sítios arqueológicos do tipo sambaqui pela técnica de absorção de CO<sub>2</sub>: uma alternativa à síntese benzênica. *Química Nova*, 27(2): 323-325.
- MESQUITA, A. R. de; LEITE, J. B. A.; RIZZO, R. 1979. Contribuição ao estudo das correntes marinhas na plataforma entre Cabo Frio e Cananéia. *Boletim do Instituto de Oceanografia*, 28(2): 95-100.
- MÖRNER, N-A. 1984. Differential Holocene Sea Level Changes Over the Globe: Evidence for Glacial Eustasy and Crustal Movements. *Litoralia*, 1: 83-86.
- NIMER, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República e IBGE, 421 pp.
- PIGOTT, J. D.; TRUMBLY, N. I. 1985. Distribution and origin of beachrock cements, discovery bay (Jamaica). *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress*, v. 3, pp. 241-248, 1985.
- PIRAZZOLI, P. A. 1991. *A Survey of Relative Sea-Level Changes Observed During the Holocene*. In: Roberto Sabadini, Kurt Lambeck e Enzo Boschi (Eds.) *Glacial Isostasy, Sea-Level and Mantle Rheology*. NATO ASI Series (Series C: Mathematical and Physical Sciences), vol 334. Dordrecht: Springer, pp. 259-269.
- RAMSAY, P. J.; COOPER, J. A. G. 2002. Late Quaternary sea-level change in South Africa. *Quaternary Research*, 57: 82-90.
- REIMER, P. J.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, J. W.; BLACKWELL, P. G.; BRONK RAMSEY, C.; GROOTES, P. M.; GUILDERSON, T. P.; HAFLIDASON, H.; HAJDAS, I.; HATT, C.; HEATON, T. J.; HOFFMANN, D. L.; HOGG, A. G.; HUGHEN, K. A.; KAISER, K. F.; KROMER, B.; MANNING, S. W.; NIU, M.; REIMER, R. W.; RICHARDS, D. A.; SCOTT, E. M.; SOUTHON, J. R.; STAFF, R. A.; TURNEY, C. S. M.; VAN DER PLICHT, J. 2013. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4): 1869-1887.
- RIBEIRO, P. C.; GIANNINI, P. C. F.; NASCIMENTO JUNIOR, D. R.; SAYEG, I. J. 2011. Vermetídeos fósseis em costões rochosos de Guarapari, ES: distribuição espacial, morfologia, mineralogia e δ18O. In: *XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA*. Armação dos Búzios, RJ, 2011, 5 pp.
- SAVI, D. C. 2007. Erosão e Acresção Costeira na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ. *Revista Brasileira de Geofísica*, 25 (Supl. 1): 91-99.
- SCHMITT, R. S. 2001. *A orogenia Búzios – caracterização de um evento tectono-metamórfico no Domínio Tectônico Cabo Frio – sudeste da Faixa Ribeira*. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 271 pp.
- SILENZI, S.; ANTONIOLI, F.; CHEMELLO, R. 2004. A new marker for sea surface temperature trend during the last centuries in temperate areas: Vermetid reef. *Global and Planetary Change*, 40: 105-114.
- SLOSS, C. R.; MURRAY-WALLACE, C. V.; JONES, B. G. 2007. Holocene sea-level

- change on the southeast coast of Australia: a review. *The Holocene*, 17(7): 999-1014.
- SPOTORNO, P.; TÂMEGA, F. T. S.; BEMVENUTI, C. E. 2012. An overview of the recent vermetids (Gastropoda: Vermetidae) from Brazil. *Strombus*, 19(1-2): 1-8.
- SUGUIO, K. 1999. *Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro?)*. São Paulo: Paulo's Editora, 366 pp.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J-M.; AZEVEDO, A. E. G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15(4): 273-286.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; FLEXOR, J-M. 1991. Paleoshorelines and the sambaquis of Brazil. In: Lucille Lewis Johnson e Melanie Stright (Eds.) *Paleoshorelines and prehistory: an investigation of method*. CRC Press, Boca Raton, pp. 83-99.
- SUGUIO, K.; BARRETO, A. M. F.; OLIVEIRA, P. E.; BEZERRA, F. H. R.; VILELA, M. C. S. H. 2013. Indicators of Holocene sea level changes along the coast of the states of Pernambuco and Paraíba, Brazil. *Geologia USP (Série Científica)*, 13(4): 141-152.
- VOUSDOUKAS, M. I.; VELEGRAKIS, A. F.; PLOMARITIS, T. A. 2007. Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. *Earth-Science Reviews*, 85: 23-46.
- WILLIAMS, S. J. 2013. Sea-level rise implications for Coastal Regions. *Journal Coastal Research*, 63: 184-196.