

Revista Brasileira de Cartografia (2014) N<sup>o</sup> 66/5: 931-951  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## **TRANSIÇÃO PLEISTOCENO – HOLOCENO NA ENSEADA DOS ANJOS, ARRAIAL DO CABO / RIO DE JANEIRO: RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL 3D**

*Pleistocene - Holocene Transition in Anjos Cove, Arraial do Cabo / Rio de Janeiro State: Paleoenvironmental Reconstruction in 3D*

**Luiz Felipe Lopes Dias<sup>1</sup>; João Wagner Alencar Castro<sup>1,2</sup>  
& José Carlos Sícoli Seoane<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ**

**Instituto de Geociências / Departamento de Geologia**

Av. Athos da Silveira Ramos, 274, bloco G. Cidade Universitária, Ilha do Fundão.

Cep: 21.941-916 Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

felipeldias@hotmail.com, cainho@geologia.ufrj.br

**<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ**

**Museu Nacional – UFRJ / Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia & Meio Ambiente**

Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Cep: 20.940-040, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

jwacastro@gmail.com

*Recebido em 28 de Março, 2013/ Aceito em 17 de Agosto, 2013*

*Received on March 28, 2013/ Accepted on August 17, 2013*

### **RESUMO**

No domínio de praia e antepraia da Ilha do Cabo Frio (Enseada dos Anjos), Arraial do Cabo, foram identificados quatro alinhamentos de rochas de praia (*beachrocks*), sendo dois emersos e dois submersos. O presente trabalho desenvolve reconstituições paleoambientais em três dimensões (3D) da enseada, durante quatro momentos entre o final do Pleistoceno e início do Holoceno: 11.940-11.240, 11.149-11.337, 12.910-12.690 e 13.130-12.860 cal A.P (Antes do Presente) definidos a partir da datação radiométrica dos *beachrocks* associados aos níveis marinhos de -4,5 m, -3,0 m, 0,0 m e 1,5 m, respectivamente. A metodologia contou com a digitalização da Folha de Bordo 1:10.000 de 1987 da Diretoria de Hidrografia e Navegação - Marinha do Brasil, seguida pelo georreferenciamento da mesma através de Imagem ortorretificada *ALOS - Advanced Land Observing Satellite* em coordenadas projetadas. O Modelo Digital de Elevação (MDE) da batimetria foi gerado a partir da exportação dos *shapefiles* de curvas batimétricas e pontos cotados, por meio dos quais, gerou-se uma Rede de Triângulos Irregulares (TIN - *Triangular Irregular Network*) com atributos que aproximassem os modelos à realidade. Finalizado o geoprocessamento, iniciou-se a análise interpretativa. Dois modelos foram criados para os dois primeiros períodos: um com o simples aumento ou diminuição da linha d'água (gerado pelo *software*); e um interpretado (Modelo Proposto), com destaque para a provável mobilidade do *sandbar* próximo ao Canal do Boqueirão. Resultados obtidos apresentam diversas fases de variações do nível do mar, apontando paleoambientes de rebaixamento e subida do nível marinho, e outro semelhante ao ambiente atual.

**Palavras-chave:** Reconstituição Paleoambiental, Nível do Mar, Batimetria.

## ABSTRACT

Four alignments of beachrock, two emerged and two submerged, are identified at the beach (foreshore and backshore) of Cabo Frio island (Anjos cove), Arraial do Cabo town / RJ. This work develops 3D paleoenvironmental reconstructions of Anjos Cove during four moments between the final of Pleistocene and the beginning of the Holocene: 11,940-11,240, 11,149-11,337, 12,910-12,690 e 13,130-12,860 cal BP (Before Present) defined from radiometric dating of the beachrocks associated with sea levels of -4.5 m; -3.0 m; 0.0 m and 1.5 m, respectively. The methodology consisted of scanning the 1987, 1:10.000 Board Sheet from the Directorate of Hydrograph and Navigation – Navy of Brazil, followed by the georeferencing through a ortho-rectified *ALOS* (Advanced Land Observing Satellite) Image at projected coordinates. The Digital Elevation Model (DEM) of the bathymetry was created by exporting the of bathymetric curves and elevation points shapefiles, through which a Triangular Irregular Network (TIN) was generated with attributes that approached the models of the reality. Finalized the geoprocessing, the interpretative analysis was initialized. Two models for the two firsts periods were created: one with the simple increase or decrease of the water line, automatically generated by the software and a interpreted (Proposed Model) with emphasis for the probable mobility of the sandbar near Boqueirão Channel. Obtained results show several phases of variations of sea level, pointing lowering and rising of marine level paleoenvironments, and other corresponding to the actual environment.

**Key words:** Paleoenvironmental Reconstruction, Sea Level, Bathymetry.

## 1. INTRODUÇÃO

O litoral brasileiro possui uma extensão de aproximadamente 8.500 km, ao longo da qual ocorrem unidades fisiográficas variadas, caracterizadas, de modo geral, por planícies costeiras constituídas por sedimentos quaternários acumulados em ambientes continentais, transicionais (mistos) e marinhos, alternando-se com falésias e costões rochosos (Brandão, 2008). Segundo esse autor, o episódio mais antigo de nível marinho acima do atual, reconhecido e datado no litoral brasileiro, ocorreu por volta de 123.000 anos AP (Antes do Presente), com o mar se estabilizando em torno de 8 a 10 m acima do nível atual.

Compreender a dinâmica sedimentar no ambiente praiado é de extrema importância para o planejamento ambiental das regiões costeiras, auxiliando na compreensão de modelos físicos de previsão de mudanças nos posicionamentos da linha de praia, em resposta às variações do nível do mar, e na alteração na taxa de sedimentação. Essa estreita faixa de terra dominada por ondas, marés, correntes e ventos é muito dinâmica e susceptível às mudanças globais e locais (Dias *et al.*, 2010). Estudos realizados através de geoindicadores (rochas de praia) e bioindicadores (conchas de moluscos e vermetídeos) na região de Cabo Frio, no litoral do Estado do Rio de Janeiro, sugerem oscilações negativas de - 4,5 m e positivas de + 3,0 m do nível relativo do mar para os últimos 13.000 anos AP (Castro *et al.*, 2012).

O presente trabalho objetiva a construção de modelos paleoambientais para o período compreendido entre o final do Pleistoceno e o início do Holoceno na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo/ RJ. A metodologia consistiu na coleta e análise de amostras de rochas de praia “beachrocks” situados na Ilha do Cabo Frio, realizadas pelo LAGECOST – Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente do Museu Nacional / UFRJ, na datação das amostras das rochas de praia pelo Laboratório Beta Analytic Radiocarbon Dating, em Miami / Estados Unidos, na digitalização e georreferenciamento da Folha de Bordo da DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação de 1987, e na reprodução e interpretação dos modelos paleogeográficos tridimensionais, que constam da batimetria e da topografia, realizados através do software de geoprocessamento ArcGis versão 10.0.

Os resultados mostram que, para o período definido entre 11.149 e 13.130 cal AP, o nível do mar na região da Enseada dos Anjos oscilou entre + 1,5 m e - 4,5 m em relação ao atual, produzindo alterações significativas na linha de costa. Além de reconstituições em que são desconsideradas mudanças na morfologia do fundo da enseada, o presente trabalho também mostra resultados interpretados e manipulados, com base na possível mobilização dos sedimentos que atapetam a plataforma continental na região, a fim de tornar os modelos mais próximos à realidade.

A Enseada dos Anjos, área de interesse para este trabalho, localiza-se entre as latitudes 22°57'0”S e 23°0'0”S, e as longitudes 41°58'0”W

e 42°2'0"W (Fig. 1), na cidade de Arraial do Cabo / RJ, 165 km a leste da cidade do Rio de Janeiro. O foco deste estudo é a região próxima à Praia do Farol, na Ilha do Cabo Frio, que além de apresentar grande importância turística e ambiental (eleita, em 2000, a praia mais perfeita do Brasil pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE), nela, afloram *beachrocks* a diferentes cotas que possuem grande interesse para o estudo paleoambiental da região.

## 2. OBJETIVOS

Como uma reconstituição paleoambiental requer um estudo mais abrangente, pode-se dizer que os modelos aqui elaborados são paleogeográficos, pois se objetivou a reprodução da topografia, da batimetria e das possíveis paleolinhas de costa, tanto nos arcos praias como nos limites rochosos, simulando as oscilações do nível do mar local durante a transição Pleistoceno-Holoceno, servindo como embasamento para futuros trabalhos.

Dentre os objetivos específicos, destaca-se a interpretação dos modelos criados pelo *software* ArcGis referentes aos períodos em que os paleoníveis do mar encontravam-se abaixo do atual, com a finalidade de torná-los o mais

próximo possível da realidade, concretizando uma união entre os modelos numéricos e a interpretação geomorfológica e sedimentar baseada em conhecimentos adquiridos e em pesquisas bibliográficas.

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para melhor compreensão deste trabalho, considera-se de extrema importância uma breve fundamentação teórica a respeito dos principais temas estudados para seu desenvolvimento.

### 3.1 *Beachrocks*

Rochas de praia (*beachrocks*) são definidas por Scoffin e Stoddart (1987), como depósitos consolidados entre a zona de intermarés e a zona de surfe, resultados da litificação por carbonato de cálcio desses sedimentos, e ocorrem, principalmente, em costas tropicais e subtropicais (entre 35°N e 35°S, segundo Russel, 1962) *apud* Castro & Suguio, 2011. Em geral, os *beachrocks* registram posições de antigas linhas de costa e a constituição sedimentar de paleopraias. Em ambientes de micro-marés, definem com precisão a posição do nível médio do mar na ocasião do processo deposicional. Apesar dos diversos estudos petrográficos de

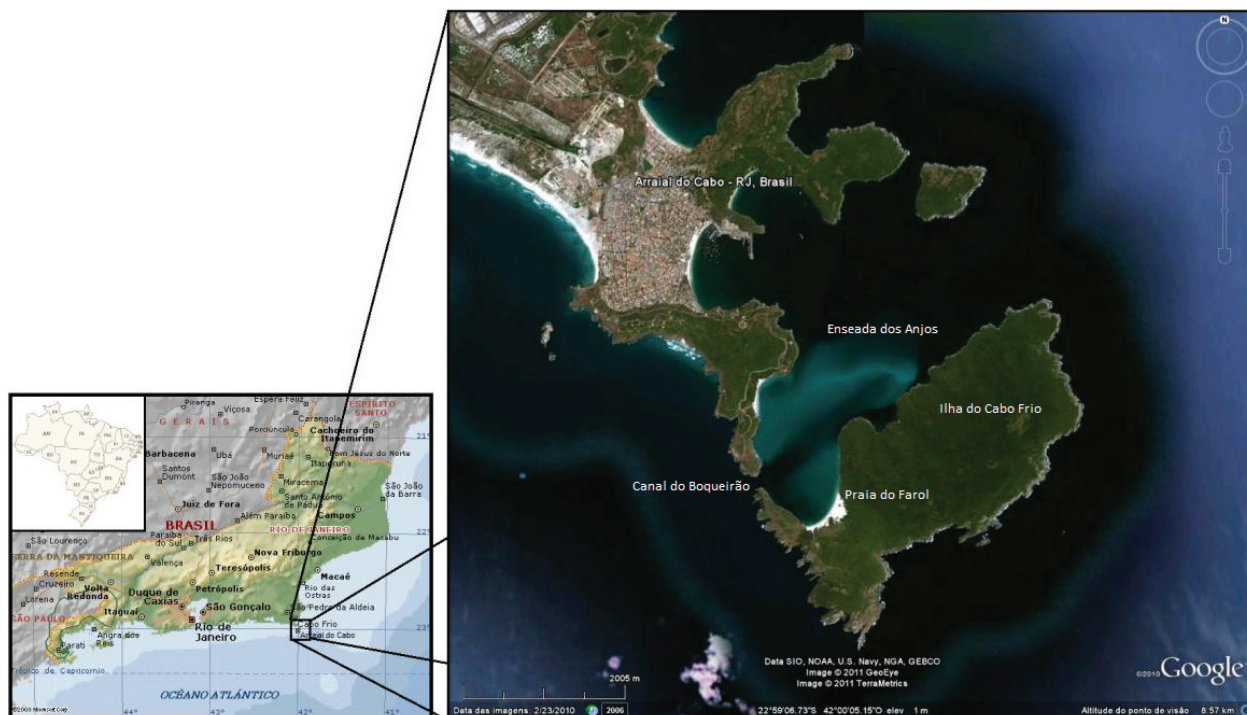


Fig. 1 - Localização geográfica da Enseada dos Anjos. Imagem do satélite Ikonos (Geo Eye), datada de 23/02/2010, obtida do Google Earth.

cimentos de rochas de praia, seus processos de formação permanecem pouco compreendidos (Turner, 2005). No entanto, acredita-se que a rápida cimentação e formação destas rochas seja resultado simplesmente das altas concentrações de  $\text{CaCO}_2$  na água do mar.

Na Praia do Farol, quatro *beachrocks* foram identificados: dois emersos (um na zona intermarés, registrando uma paleolinha de costa semelhante à atual - Fig. 2 - e o outro na cota 1,5 m) e dois submersos (entre 3,0 e 4,5 metros de profundidade). Estes corpos são pouco expressivos (90 a 170 metros de extensão) e ocorrem paralelos à praia, com geometria tabular característica desse tipo de rocha. A presença de fósseis carbonáticos remanescentes (conchas de moluscos) possibilitou a realização da datação radiométrica destes *beachrocks* através do método  $^{14}\text{C}$ , tornando possível a correlação das posições das paleolinhas de costa com o período

em que elas ocorreram.

### 3.2 Datação Radiométrica Carbono-14

A composição de carbono-14 em um ser vivo é a mesma que existe em equilíbrio na atmosfera, e só começa a mudar a partir do momento em que ele morre. Para saber a quanto tempo a morte ocorreu, mede-se quanto de  $^{14}\text{C}$  está em seu corpo, ou em parte dele (Pezzo, 2002). Essa datação correlaciona-se ao período em que os sedimentos foram depositados, possibilitando o conhecimento das épocas em que as zonas intermarés, relativas a cada *beachrock*, ocorreram. Esse método de datação revela uma idade convencional escrita na forma de anos AP (antes do presente), do inglês, BP (*before present*), que segue acompanhada de uma margem de erro para mais e para menos. Devem ser, portanto, calibradas para uma maior precisão.



Fig. 2 - *Beachrock* aflorando na zona intermarés da Praia do Farol – Arraial do Cabo. (Foto: Castro, J. W.A.)

### 3.3 Oscilações do Nível Relativo do Mar

A medição do nível do mar sintetiza as influências de vários processos oceânicos, incluindo efeitos devidos às correntes marinhas, ao campo de massa (densidade), ao geopotencial terrestre (geóide), efeitos meteorológicos, efeitos dos contornos oceânicos, bem como das forças das marés de natureza astronômica (Mesquita, 1997). As flutuações do nível relativo do mar (NRM), sobretudo no decorrer do Quaternário, são um dos principais fatores controladores dos padrões de sedimentação e erosão, responsáveis pela elaboração das planícies costeiras brasileiras (Brandão, 2008). O estudo de registros de NRM pretéritos reveste-se de especial interesse hoje em dia, quando se discutem os impactos de uma possível elevação do nível do mar causada pelo aumento da temperatura global da Terra. Antes de se fazer qualquer previsão sobre as consequências de uma eventual subida do nível do marinho, para os próximos 50-100 anos, deve-se conhecer a evolução passada a fim de se determinar a tendência da região considerada (Brandão, 2008).

### 3.4 Reconstituições

A definição de paleogeografia pode ser encontrada em diversas fontes (dicionários, enciclopédias e glossários), e consiste no estudo e descrição da geografia física do passado geológico (como, por exemplo, a reconstituição da distribuição dos antigos continentes e mares, das modificações do relevo, e da variação das condições ambientais), tal como a reconstrução histórica do padrão da superfície terrestre ou de uma dada área num determinado intervalo do tempo geológico.

As reconstituições tratadas no presente trabalho objetivam reproduzir, em três dimensões, os possíveis ambientes geomorfológicos e oceanográficos do período de transição entre o Pleistoceno e o Holoceno na Enseada dos Anjos, destacando as variações do NRM e as posições das paleolinhas de costa associadas à ocorrência dos *beachrocks* identificados na Ilha do Cabo Frio. Os paleoambientes poderão ser melhor interpretados a partir de outros fatores que devem ser estudados futuramente.

### 3.5 TIN - *Triangulated Irregular Network*

Para gerar Modelos Digitais de Elevação (MDE) a partir de pontos e contornos, é necessária a utilização de um método de interpolação, que pode ser: triangulação, *local surface patches* (LSP) ou *locally adaptive gridding* (Wilson & Gallant, 2000). O *software* ArcGis v.10 disponibiliza diversos métodos para gerar superfícies, incluindo krigagem, inverso ponderado da distância (IDW), *Topo to Raster*, vizinho natural, TIN, dentre outros, onde cada qual resulta em uma superfície interpolada através de algoritmos matemáticos distintos. O TIN é um método de interpolação por triangulação de Delauney e consiste na construção de triângulos, cujos vértices correspondem aos pontos de dados e, posteriormente, uma função polinomial é aplicada em cada triângulo (Sambridge *et al.*, 1995 *apud* Wilson & Gallant, 2000). A triangulação mostra-se mais eficiente em casos onde a malha de pontos apresenta-se de forma regular ao longo do domínio (Mazzini & Schettini, 2009) e pode adaptar-se a diversos terrenos usando um número mínimo de medidas (McCullagh, 1988 *apud* Wilson & Gallant, 2000), porém, encontra dificuldades ao interpolar linhas de contorno, o que pode ser corrigido através de pontos adicionais (Clarke, 1990 *apud* Wilson & Gallant, 2000).

## 4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Devido ao seu posicionamento geográfico na costa brasileira, a Enseada dos Anjos apresenta características ambientais bastante peculiares. O conhecimento básico de seus aspectos climáticos, oceanográficos e geomorfológicos, assim como de sua geologia regional, precede um melhor entendimento da dinâmica sedimentar na região, possibilitando a elaboração deste estudo.

### 4.1 Aspectos Climáticos

A região de Arraial do Cabo e Cabo Frio distingue-se de toda a orla costeira fluminense pela baixa pluviosidade, constância dos ventos e pela alta evaporação, fatores que ratificam a condição de microclima semiárido quente para essa região (Barbieri, 1975 *apud* Silva, 2009). As precipitações anuais são inferiores a 800 mm/ano, impondo a formação de solos

pouco espessos e pedregosos (Cambissolos e Argissolos Vermelhos) associados a uma vegetação nativa transicional entre floresta caducifólia e caatinga hipoxerófila, ambiente peculiar decorrente do clima mais seco desta região (Dantas *et al.*, 2000), que é considerada testemunho paleoclimático do clima seco e frio do último Período do Quaternário, tendo sido postulado que a área de caatinga antes ocupava um espaço muito maior (Ab'Saber, 1977 *apud* Silva, 2009). Martin *et al.* (1996) atribuem essa anomalia climática ao fenômeno da ressurgência e ao regime eólico.

A Enseada dos Anjos está inserida no macrocompartimento Bacia de Campos (Muehe, 1998 *apud* Savi, 2007), subdivisão da região leste do litoral brasileiro, onde predominam, durante todo o ano, ventos de Nordeste (oriundos do Anticiclone Semi-Permanente do Atlântico Sul), interrompidos, na passagem de sistemas frontais (frentes frias), por ventos do quadrante sul (Torres Jr, 1995 *apud* Silva, 2009), os quais se relacionam ao clima seco e frio da região. Com alta frequência e intensidade média de 4,6 m/s, o vento de NE é constante durante todo o ano, sendo meses de maior incidência os de Janeiro e Agosto, e a menor frequência nos meses de Abril e Maio. Silva inclui o conceito de "corredor eólico", como aspecto ligado à morfologia da área, onde elevações e depressões do relevo submarino e continental associam-se e passam a "canalizar" o transporte dos sedimentos, nesse caso, no sentido NE-SW.

#### 4.2 Aspectos Oceanográficos

A determinação dos processos deposicionais na região costeira pressupõe conhecer o regime de ondas e correntes, bem como as formas, pelas quais ocorre o transporte de sedimentos ao longo da costa. Segundo observações feitas pelo CHM (Centro de Hidrografia da Marinha), o clima de ondas na região é predominante de Sul e Sudeste, que detêm o maior percentual das ondas de 2 a 3 m. As ondas menores (até 1 m) provêm, principalmente, de Nordeste, com menor frequência de Leste, Sudeste e Sul. Neste trecho da costa brasileira, ondas do quadrante Sul são mais altas, incluindo ondas características de ressaca, com alturas superiores a 3 m. Os períodos das ondas para a área estão em torno de

5 a 8 segundos, sendo os períodos maiores (acima de 10 segundos) que caracterizam ondas menos frequentes com maior capacidade de transporte (Silva, 2009).

O comportamento das correntes na Enseada dos Anjos apresenta fluxos unidirecionais, que se alternam com as marés, entre Nordeste (45°) e Sudoeste (225°). Esses fluxos podem acentuar-se, principalmente quando somados a ação dos ventos do quadrante sul com frentes frias ou quando ventos de NE mais frequentes e mais intensos atuam por maiores períodos (Silva, 2009).

Segundo o CHM/DHN, as marés na região, por definição, são assimétricas, semidiurnas com desigualdades, e previsões das marés no Porto do Forno, na Enseada dos Anjos, revelam um nível médio de 66 cm. De acordo com Mesquita (1997), o sentido predominante de giro da circulação de maré na região Sudeste é o sentido anticiclônico (anti-horário).

#### 4.3 Geologia Regional

As unidades do embasamento da área de estudo estão inseridas no Domínio Tectônico Cabo Frio, e são representadas por biotita-plagioclásio-microclina ortognaisses e ortoanfíbolitos, de idades paleoproterozóicas, com variações locais que incluem a hornblenda, e constituem o chamado Complexo Região dos Lagos. São identificadas intrusões de diques máficos (140-120 Ma) com alinhamentos estruturais NE-SW, e ângulos de mergulho, de alto a moderado, para Leste (Motoki *et al.*, 2008). A Ilha do Cabo Frio é formada por intrusões alcalinas félsicas, instauradas (nefelina sienito) a supersaturadas (quartzo sienito) (Ferrari, 2001). Brechas intrusivas ocorrem nas áreas de contato, ou nos contatos, da suíte alcalina e englobam xenólitos mais antigos de traquito, nefelina sienito e outras rochas associadas, sugerindo recorrência de pulsos magmáticos durante a formação da suíte. Rochas encaixantes do embasamento são granitóides e migmatitos, com metabasitos, e foliação na direção NE-SW (Valença, 1975). O mais atual modelo que explica a evolução tectônica da região de Arraial do Cabo e Búzios relaciona o domínio tectônico Cabo Frio com a formação do Gondwana, domínio que não se insere na faixa móvel Ribeira (Schmitt, 2001).

As formações costeiras, como a plataforma continental interna, têm seu desenvolvimento no Quaternário. A partir do Terciário Superior e Pleistoceno, a evolução da área associa-se a eventos transgressivo-regressivos. Variações do nível do mar associadas às mudanças paleoclimáticas no Quaternário foram as principais causas de formação, modelagem e evolução das planícies costeiras da região, assim como na maior parte do Brasil (Huntley, 1990) *apud* Silva, 2009.

#### 4.4 Geomorfologia

A origem da geomorfologia da região está relacionada às variações do nível relativo do mar (Bruun, 1962), que durante o Quaternário afetaram a evolução das planícies costeiras, sua formação e processos deposicionais, bem como controle do regime sedimentar das lagoas (Coe, 2007). Identificam-se feições arenosas, como o banco de areia (*sandbar*) na parte central da Enseada dos Anjos, com geometrias alongadas,

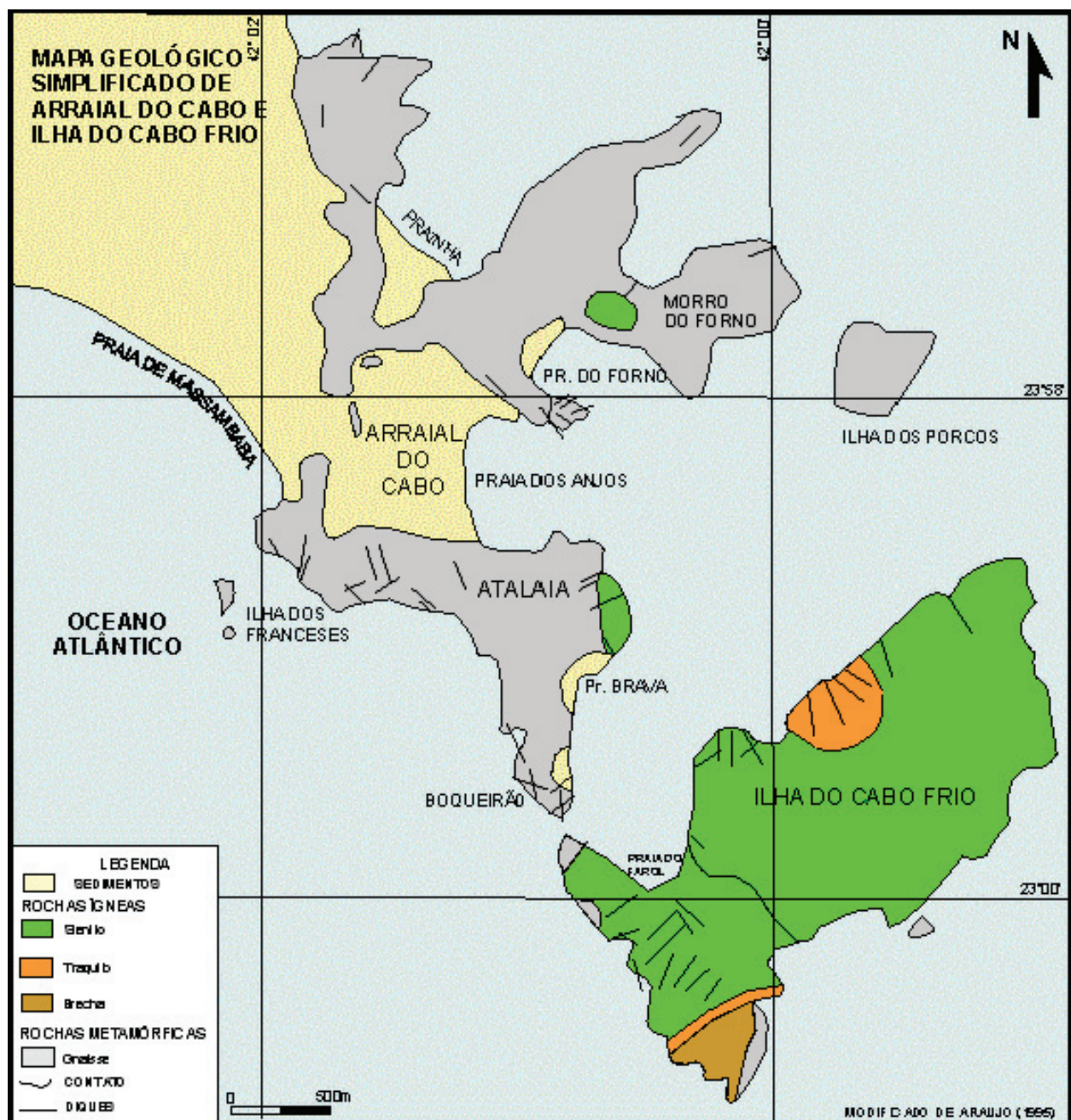


Fig. 3 - Mapa geológico simplificado de Arraial do Cabo. Legenda de cima para baixo: Sedimentos; ROCHAS ÍGNEAS (Sienito; Traquito; Brecha); ROCHAS METAMÓRFICAS (Gnaise); Contato; Diques. (Modificado de Sichel *et al.*, 2008)

que, periodicamente, se alteram em função de variações na intensidade dos processos deposicionais. Na região, destacam-se a Ilha do Cabo Frio (também conhecida como Ilha do Farol) com altitude máxima de 370 m, e o Canal do Boqueirão, que a separa do Pontal do Atalaia (extremidade Sudeste do continente), com 130 m de largura e cerca de 20 m de profundidade, representando a única comunicação da enseada com o oceano pelo quadrante Sul.

A Enseada dos Anjos está inserida na Plataforma Continental Brasileira, que apresenta grande extensão recoberta por areias quartzosas com pouco mais ou pouco menos feldspatos (Amaral, 1979 *apud* Silva, 2009.)

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho baseou-se em três etapas principais para sua realização: um levantamento bibliográfico dos estudos de mesmo âmbito na região, a aquisição de todo o material essencial para a construção dos modelos através de técnicas de geoprocessamento, e a parte prática que aparece descrita no subitem 5.3.

### 5.1 Levantamento Bibliográfico

Para o desenvolvimento deste estudo, a etapa de pesquisa bibliográfica foi de extrema importância, porém, o tema “reconstituição paleoambiental” mostrou-se pouco desenvolvido em trabalhos anteriores. Os diversos trabalhos de Castro, Suguio e Silva foram os principais utilizados para a aquisição de informações específicas da área de estudo, incluindo os temas relacionados às oscilações do NRM e às variações na batimetria da região.

Quanto às etapas de geoprocessamento, diversas fontes foram utilizadas para auxiliar na realização dos procedimentos adotados neste trabalho, sendo a principal delas, a biblioteca de ajuda do ArcGis v10.

### 5.2. Material Utilizado

A matéria prima que possibilitou uma boa qualidade das reconstituições foi resultado de grandes trabalhos realizados pela NASA e NGA, pela DHN e pela JAXA, nomes que serão citados nos itens a seguir.

### 5.2.1 Modelo Digital de Elevação (MDE)

O MDE utilizado para gerar a topografia apresentada nas reconstituições paleoambientais consiste em um mosaico criado no ArcGis v.10 a partir de quatro Imagens SRTM (“SF-23-Z-B”, “SF-24-Y-A”, “SF-23-Z-D” e “SF-24-Y-C”) adquiridas gratuitamente no site da EMBRAPA, distribuídas em mosaicos na escala 1:250.000, Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS 84, formato TIFF e *pixel* de 90 x 90 metros. As imagens originais foram geradas por interferometria de radar, que permite o cálculo da elevação da superfície com uma acurácia vertical absoluta de 16 metros (90% confiança) (EMBRAPA). As imagens foram originárias da missão de mapeamento do relevo terrestre SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), desenvolvido pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) e pela NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) dos Estados Unidos no ano 2000.

### 5.2.2 Folha de Bordo

Remetida à DHN em 1987, a Folha de Bordo FB-1503-001/85 da Enseada dos Anjos (antes denominada Enseada do Cabo Frio) foi adquirida impressa, pelo LAGECOST, na escala 1:10.000, com grids em coordenadas UTM em projeção de GAUSS e em coordenadas geográficas no datum horizontal Córrego Alegre Zona 24°S. Após ser digitalizada em Scanner com compactação LZW (Lempel Ziv Welch), resultou em uma imagem TIFF com resolução de 200 dpi e dimensões 6453 x 5937 pixels.

O levantamento batimétrico foi realizado em 1985 e produziu milhares de pontos com valores de até uma casa decimal, além de curvas batimétricas de 3, 10, 15, 20, 40, 50 e 60 metros de profundidade, o que contribuiu para uma alta precisão na reconstituição da batimetria utilizada no trabalho.

### 5.2.3 Imagem ALOS

O satélite *ALOS* (Advanced Land Observing Satellite), lançado em 24 de janeiro de 2006 pela JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), foi desenvolvido prioritariamente para



fomentar pesquisas científicas e aplicadas na área de sensoriamento remoto e prover o Japão e países da Ásia do Pacífico (EMBRAPA).

Devido à alta resolução (pixels de 2,5 x 2,5 m) e ao fato de ter sido adquirida já georreferenciada (em coordenadas UTM Córrego Alegre Zona 24°S), a Imagem *ALOS* foi fundamental para a realização do trabalho, sendo utilizada para o georreferenciamento da Folha de Bordo, e como textura para as reconstituições paleoambientais.

### 5.3 Metodologia

A parte prática deste trabalho concentra-se nos tópicos seguintes. Desde a coleta das amostras até a criação dos modelos paleoambientais (principal resultado), diversas técnicas foram aplicadas. Antes de produzir as reconstituições tridimensionais, a geologia e o geoprocessamento foram bastante explorados, a fim de gerar uma correlação entre os *beachrocks* - coletados, analisados e datados - com a geomorfologia da área - representada pelas superfícies geradas através do *software* ArcGis v10.

#### 5.3.1 Coleta, análise e datação dos *beachrocks*

A coleta das amostras dos *beachrocks* foi realizada pelo LAGECOST, sendo as submersas coletadas através de mergulho autônomo, e a posição geográfica dos afloramentos foi definida através de rastreador geodésico *DGPS Pro Mark 2.0* de precisão milimétrica, através do método estático de obtenção de coordenadas (Castro & Suguio, 2011). As amostras foram analisadas em microscópio petrográfico, pelo LAGECOST, mostrando que os *beachrocks* emersos apresentam seleção granulométrica muito maior em relação aos submersos, e a composição de ambos é basicamente carbonática, constituída de 80% de bioclastos (entre estes, fragmentos de algas vermelhas *Rhodophitas* e bivalves) e 20% de litoclastos de sienito e cristaloclastos de quartzo, anfíbólio, piroxênio e feldspato, que refletem de certa forma as rochas alcalinas presentes na Ilha do Cabo Frio (Castro & Suguio, 2011).

As datações das amostras foram realizadas pelo Laboratório Beta Analytic Radiocarbon Dating, em Miami / Estados Unidos, através do método radiométrico carbono-14, em conchas de moluscos presentes nessas rochas, e produziu resultados que indicam deposição dos

sedimentos que constituem os *beachrocks* entre 13.130 e 11.149 cal AP.

#### 5.3.2 Digitalização e Georreferenciamento da Folha de Bordo

Dentre as imagens utilizadas para a elaboração das reconstituições, duas já foram adquiridas digitalizadas e com Sistema de Coordenadas definido: a Imagem SRTM e a Imagem *ALOS*. Em contrapartida, a Folha de Bordo necessitou grande demanda nesta fase, devido à enorme quantidade de dados obtidos pelo levantamento batimétrico realizado na área.

O georreferenciamento da Folha de Bordo foi realizado a partir de pontos de controle fixados na Imagem *ALOS*, já georreferenciada em Coordenadas Projetadas, no *datum* horizontal Córrego Alegre Zona 24S. Foram utilizados 4 (quatro) pontos de controle, com transformação polinomial de primeira ordem, computando um erro total RMS de 0,00004 metros (Fig. 4), considerado aceitável, uma vez que é inferior ao tamanho de um *pixel* da Folha de Bordo, que tem dimensões 1,606 x 1,628 m.

Foram digitalizados, a partir da Folha de Bordo, 5.401 pontos contendo valores batimétricos e 9 linhas isobatimétricas (Fig. 5), os quais foram utilizados para criar o modelo digital de elevação referente à batimetria. Os pontos constam em um *shapefile* (Tipo: *Point*), em que foi criado um novo campo (*field*), nomeado “Profund”, do tipo numérico *Double* (para que fossem aceitos os valores batimétricos contidos na Folha de Bordo, expressos em números com uma casa decimal). Após preencher todos os valores de profundidade, um novo campo (“COTA”) foi criado e calculado através da ferramenta *Field Calculator* [“COTA” = “Profund” \* (-1)] para tornar os valores negativos, no formato que seria utilizado para a geração do MDE da batimetria, posteriormente. O mesmo procedimento foi realizado na digitalização das curvas batimétricas (Tipo: *Polyline*) contidas na Folha de Bordo.

É importante lembrar que não houve necessidade de digitalizar todos os pontos com valores maiores do que 30 m de profundidade, pois a área de maior interesse para as reconstituições abrange profundidades menores, mais próximas à costa, além de ter sido observado que não há grandes variações naquela porção da plataforma,

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	15,542815	22,983425	192288,668579	7459897,751712	0,00002
2	3,745505	11,434658	188627,637549	7456144,974463	0,00001
3	13,541184	2,838968	191771,599392	7453533,575838	0,00004
4	12,872586	10,348558	191517,383045	7455892,213228	0,00007

Auto Adjust      Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)

Total RMS Error: 0,00004

Load...      Save...      Restore From Dataset      OK

Fig. 4 - Tabela dos pontos de controle utilizados no georreferenciamento da Folha de Bordo.

tornando desprezível a diminuição da precisão dos modelos.

### 5.3.3 Reprodução da Batimetria

Devido à precisão e grande quantidade de medidas digitalizadas a partir da Folha de Bordo, a reconstituição da batimetria pôde aproximar-

se bastante à realidade. Porém, a projeção do fundo da plataforma rasa atual (1985, ano em que foi feito o levantamento) nas reconstituições paleoambientais da transição Pleistoceno-Holoceno apresentaria maior precisão onde há promontórios rochosos, e certo grau de incerteza onde aquela é atapetada por sedimentos

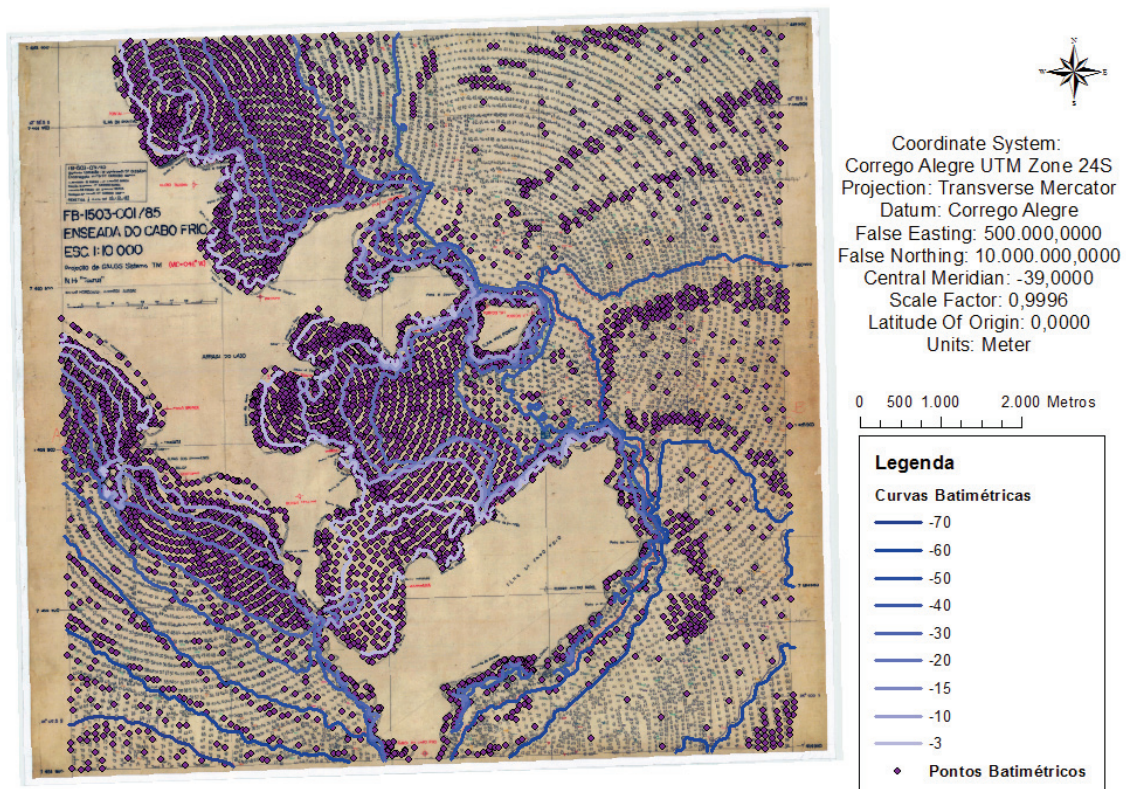


Fig. 5 - Shapes de pontos e curvas batimétricas digitalizados na Folha de Bordo.

arenosos, como os arcos praias, onde a dinâmica sedimentar é extremamente complexa.

A reprodução da batimetria foi realizada através do *software* ArcGis v. 10, utilizando-se os *shapes* de pontos e curvas batimétricas para gerar um MDE por interpolação através do método de triangulação (TIN). Além desses, um polígono de fronteira foi criado para limitar a área analisada, evitando que a imagem fosse gerada fora da região de interesse. As etapas para a geração da batimetria encontram-se descritas abaixo:

- I) Criação dos *shapes* de pontos e curvas batimétricas (digitalização da Folha de Bordo);
- II) Criação dos *shapes* de fronteira e de contorno de costa (*Polygons*) utilizados como fronteira e como borracha, respectivamente;
- III) Criação do TIN referente à batimetria;
- IV) Edição da simbologia (*Face elevation with graduated color ramp*) (Fig. 6) a fim de destacar os intervalos de maior interesse (-3 m e -4,5 m), onde foram identificados os *beachrocks*.

### 5.3.4 Criação das paleolinhas de costa

Para a criação do *shape* de paleolinhas de costa (*shorelines*), foi gerado um *raster* de *pixels* de 1 x 1 metro, a partir da conversão do TIN da batimetria, do qual foram extraídas as linhas de contorno de -3,0 e -4,5m (ArcToolbox -> 3D Analyst Tools -> Raster Surface -> Contour List). O mesmo procedimento foi realizado com o TIN da topografia, para gerar a paleolinha de costa de 1,5m. Enquanto a linha de costa referente ao NRM atual foi traçada manualmente sobre a Imagem *ALOS*.

### 5.3.5 Reprodução da Topografia

O *software* ArcGis v.10 também foi o meio de reprodução da topografia, para a qual, o material utilizado foi o MDE adquirido gratuitamente no site da EMBRAPA, que consiste em uma Imagem SRTM georreferenciada (descrita no tópico 5.2.1), de onde foram geradas curvas de contorno com um metro de diferença altimétrica entre elas, as quais foram utilizadas para gerar um novo TIN.

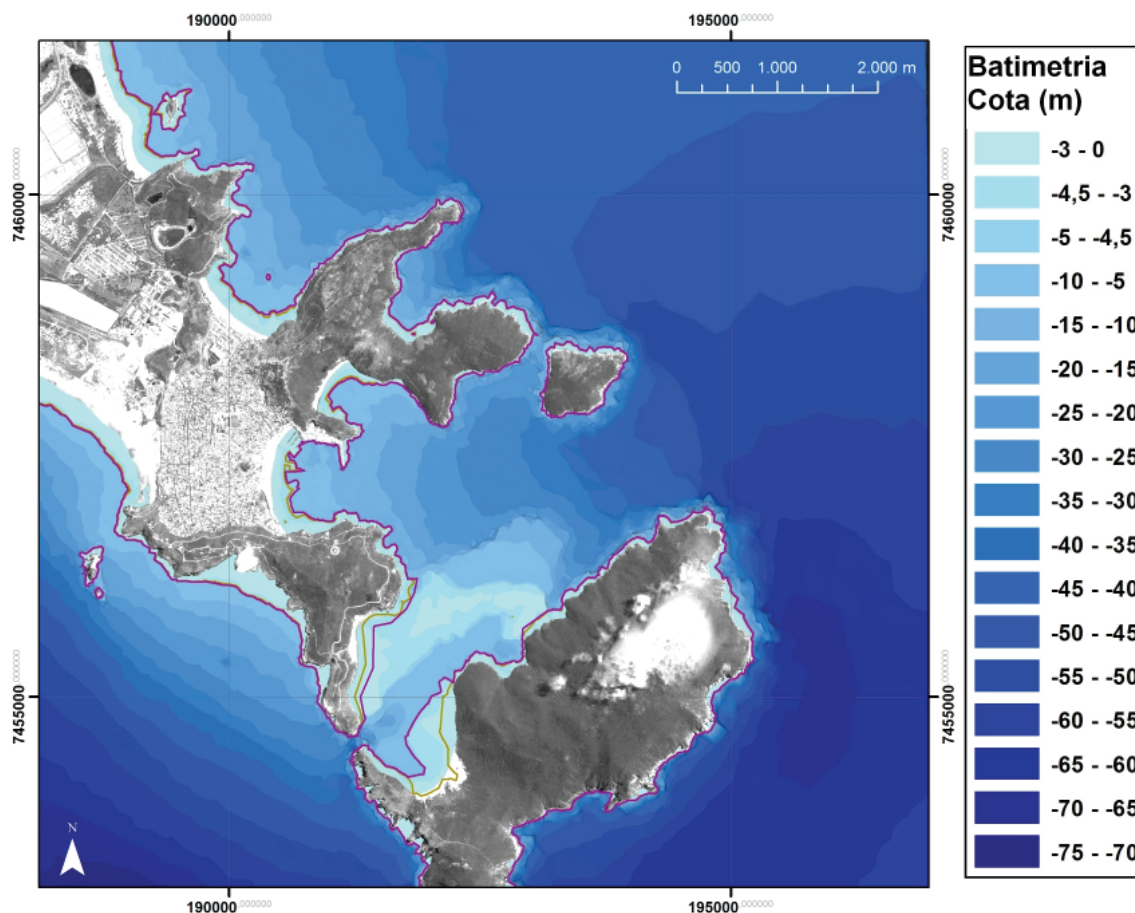


Fig. 6 - Batimetria reproduzida sobre a Imagem *ALOS* (destaque para - 3 m e - 4,5 m).

Devido à necessidade de simular o NRM para cotas abaixo do nível atual (-3,0 e -4,5 m), editaram-se as *shorelines* equivalentes a essas profundidades mantendo os gradientes dos limites considerados, por inspeção visual, como limites rochosos. Criou-se ainda uma nova curva de - 80 m a partir da batimétrica de - 5 m. Este prolongamento da topografia (Fig. 7) resultaria em uma melhor reprodução dos costões rochosos nas reconstituições em que houvesse rebaixamento do NRM. As etapas para a geração da topografia encontram-se descritas abaixo:

- I) Exportação das curvas de nível, de 1 em 1 metro de altitude, a partir do MDE, gerando um *shape* de contornos do tipo *Polyline*;
- II) Projeção das curvas de contorno criadas (WGS 84) para o sistema de coordenadas dos outros *shapes* (Córrego Alegre 24S);

- III) Edição das linhas de costa de -3,0 e -4,5 m;
- IV) Criação da curva de -80 m a partir da batimétrica de -5 m;
- V) Criação do TIN referente à topografia;
- VI) Edição da simbologia (*Face with the same symbol*) (Fig. 8).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após diversas etapas, dados obtidos a partir da análise dos *beachrocks* puderam ser correlacionados ao produto das técnicas de geoprocessamento aplicadas sobre o material digitalizado. Somados ao estudo da área, estes elementos foram suficientes para iniciar uma representação paleoambiental em três dimensões da Enseada dos Anjos, acrescentando um conteúdo importante para o estudo das variações do NRM na costa brasileira.

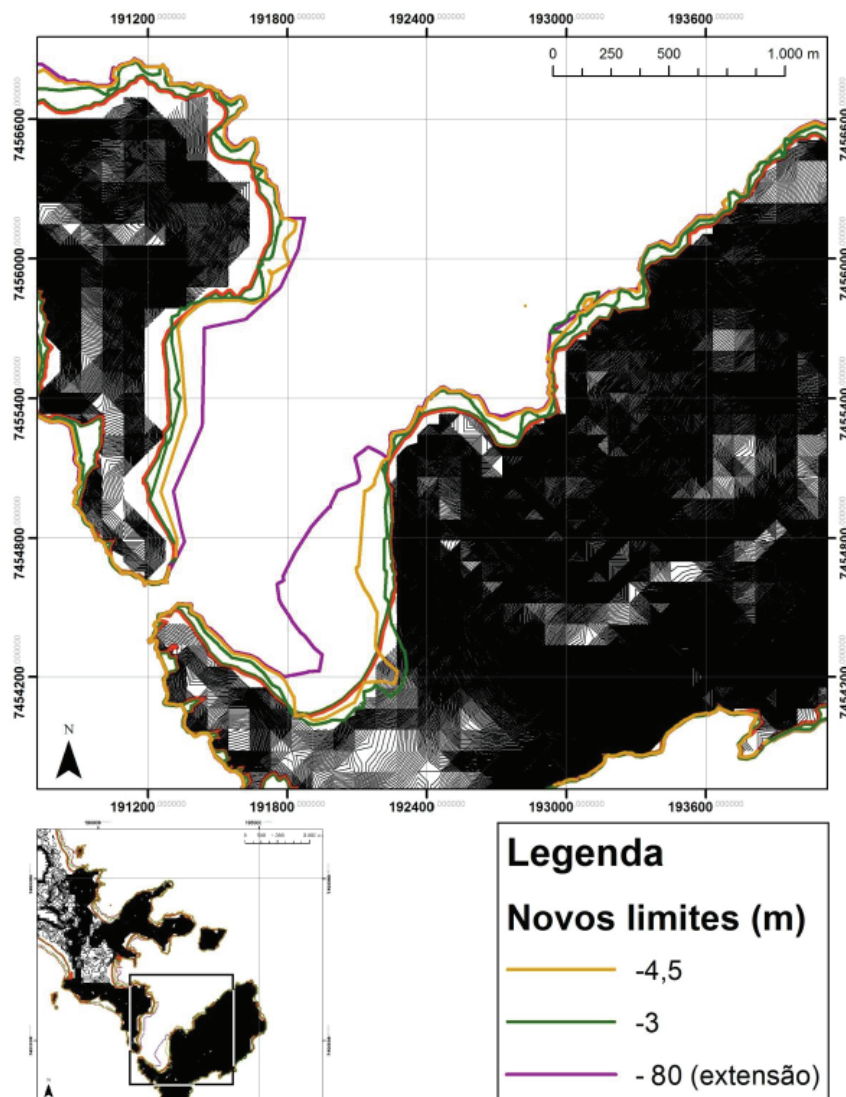


Fig. 7 - Linhas editadas para prolongar a topografia.

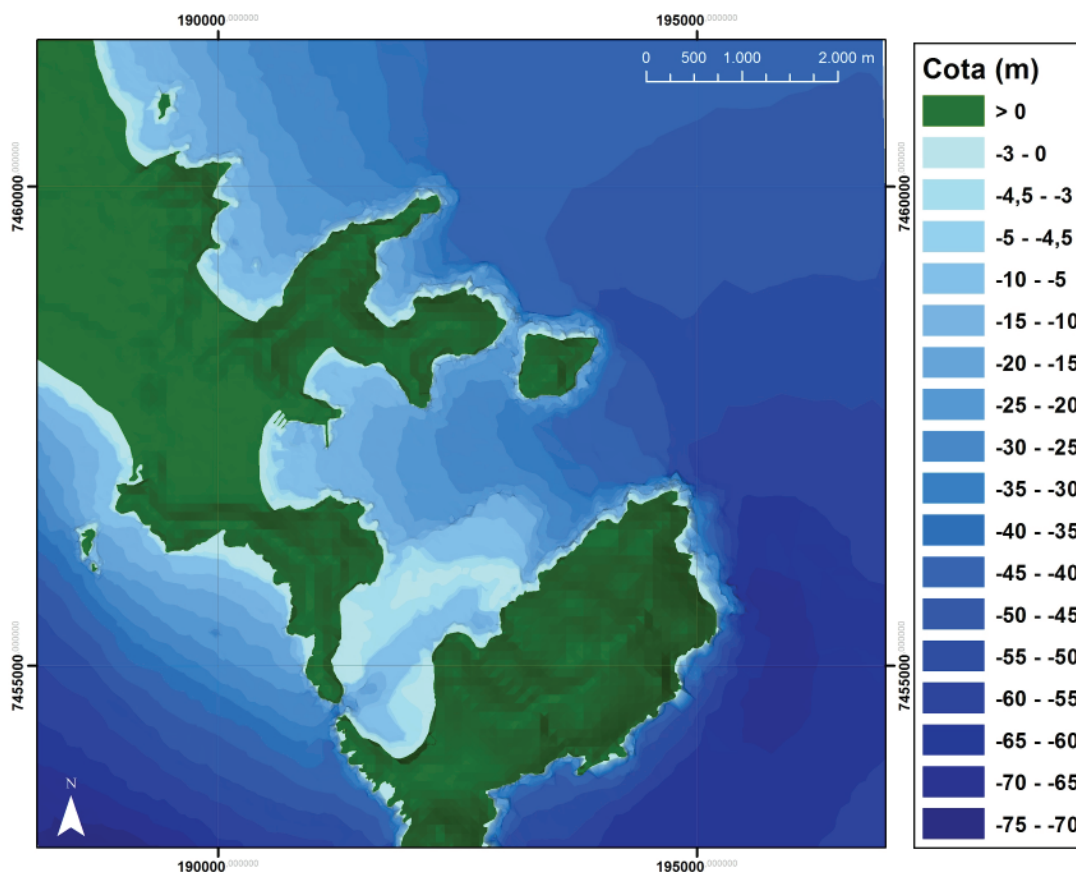


Fig. 8 - Topografia reproduzida com a batimetria.

### 6.1 Correlação dos *beachrocks* com as paleolinhas de costa

Desruelles *et al.* (2008) afirmam que partes de um *beachrock* que resistiram à erosão representam a zona intermarés original, e apesar de serem menos precisos que outros marcadores como a fauna associada a bioconstruções, formas de biocorrosão e entalhes no sopé de falésias calcárias, os *beachrocks* são, muitas vezes, os únicos registros que permitem reconstruções do NRM. As quatro amostras coletadas das rochas de praia preservadas na Praia do Farol foram datadas através do método radiométrico Carbono-14 pelo laboratório Beta Analytic Inc, e produziram resultados que indicam idades entre 13.130 e 11.149 cal AP, período que marca a transição entre o final do Pleistoceno e o início do Holoceno. O *beachrock* que aflora 1,5 metros acima do nível do mar atual (Fig. 9) (amostra Beta Analytic 248723) encontra-se parcialmente coberto por sedimentos do campo de dunas escalonares (*climbing dunes*) da Praia do Farol, e é o mais antigo dos quatro, registrando idade de 10.460 +/- 70 anos AP, calibrada em dois sigma entre

11.940 - 11.240 cal AP, enquanto o submerso encontrado na batimétrica de -3,0 metros (Fig. 10) (amostra Beta Analytic 243863) é o mais novo geoindicador considerado neste trabalho, com idade de 10.250 +/- 50 anos AP, calibrada em dois sigma entre 11.149 - 11.337 anos AP. A amostra Beta Analytic 248721, referente à rocha de praia encontrada 4,5 metros abaixo do NRM atual (Fig. 11) foi datada em 10.460 +/- 70 anos AP, calibrada em dois sigma entre 11.940 - 11.240 cal AP, e a amostra Beta Analytic 243863, referente ao *beachrock* que aflora na atual zona intermarés (cota 0) (Fig. 2), indicou idade de 11.090 +/- 60 anos AP, calibrada em dois sigma entre 12.910 - 12.690 cal AP.

A paleolinha de costa referente a cada amostra foi definida ao longo da curva de nível em que o respectivo *beachrock* aflora (Fig. 12), e as datas consideradas para o desenvolvimento das reconstituições, apenas para fins representativos (Fig. 13), foram estipuladas a partir dos intervalos das idades calibradas (Quadro I), as quais devem ser consideradas como o período real de cada reconstituição.



Fig. 9 - *Beachrock* 1,5 m acima do NRM atual.  
Foto: Castro, J. W. A.



Fig. 10 - *Beachrock* submerso referente à batimétrica de -3,0 m. Foto: Rangel, F.E.



Fig. 11 - *Beachrock* submerso referente à batimétrica de -4,5m. Foto: Rangel, F.E.

Quadro 1: Resultados das Datações dos *beachrocks*

Modificado de Castro *et al.*, 2012.

Código da Amostra	Cota (metros)	Idade Conventional (anos A.P.)	Idade Calibrada (2 sigma cal A.P.)	Idade da Reconstituição (anos AP)
BA 248721	-4,5	10.460 +/- 70	11.940 – 11.240	11.500
BA 243863	-3,0	10.250 +/- 50	11.149 – 11.337	11.000
BA 248722	0	11.090 +/- 60	12.910 – 12.690	12.500
BA 248723	+1,5	11.210 +/- 80	13.130 – 12.860	13.000

(Legenda: BA = Beta Analytic)

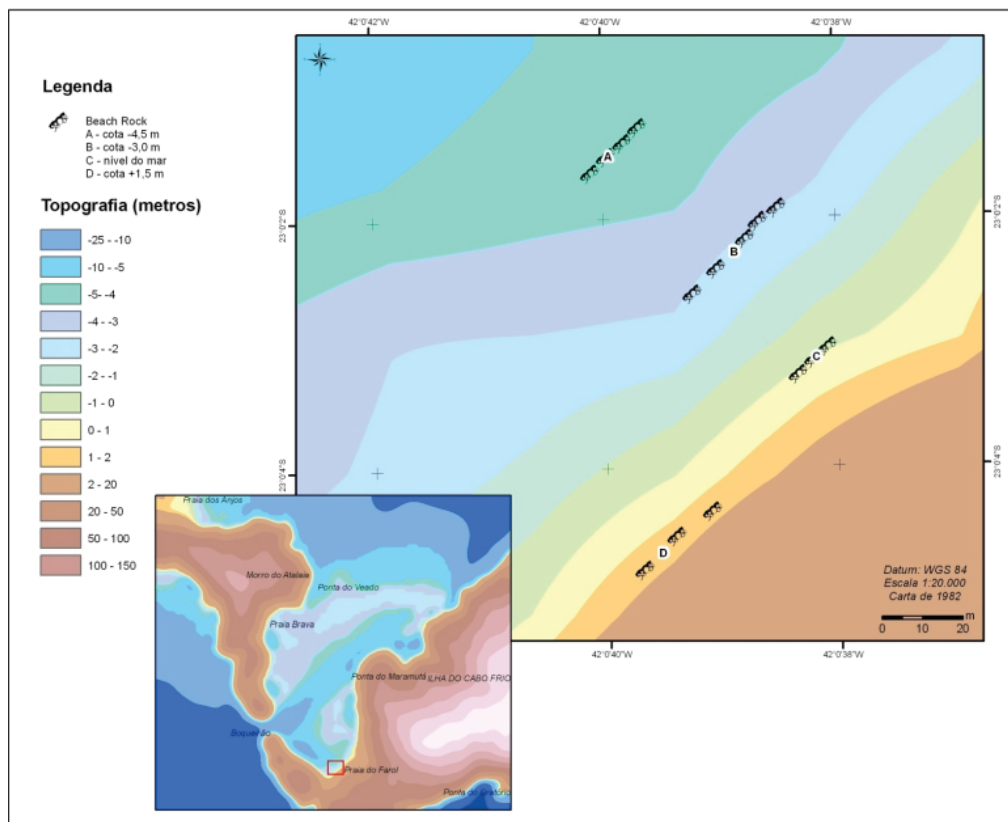


Fig. 12 - Localização dos *beachrocks*. (Castro, 2010)

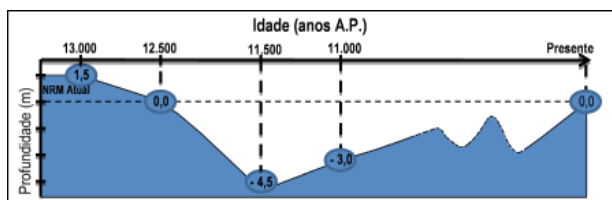


Fig. 13 - Variações do NRM durante a transição Pleistoceno-Holoceno.

## 6.2 Reconstituições Paleoambientais

Além de reproduzir a batimetria e o relevo da Enseada dos Anjos em três dimensões (Fig 14), o principal objetivo das reconstituições desenvolvidas neste trabalho é a simulação de antigas posições do nível do mar com suas respectivas linhas de costa nas proximidades

da Praia do Farol, a fim de mostrar como seria a paisagem da região durante a transição Pleistoceno-Holoceno, período definido pela datação dos *beachrocks* encontrados na Ilha do Cabo Frio, frente às oscilações do NRM.

Através do *software* ArcGis v.10, foram desenvolvidos modelos matemáticos (Modelos Vigentes) onde a batimetria mostrada nas reconstituições foi considerada idêntica à atual (gerada a partir da Folha de Bordo de 1987), apenas sendo projetada para cima ou para baixo, de acordo com cada paleonível do mar, mantendo-se a legenda original. Como exemplo, a fig. 15 mostra a tabela de classificação da simbologia para a batimetria reproduzida a 1,5 m acima da atual.

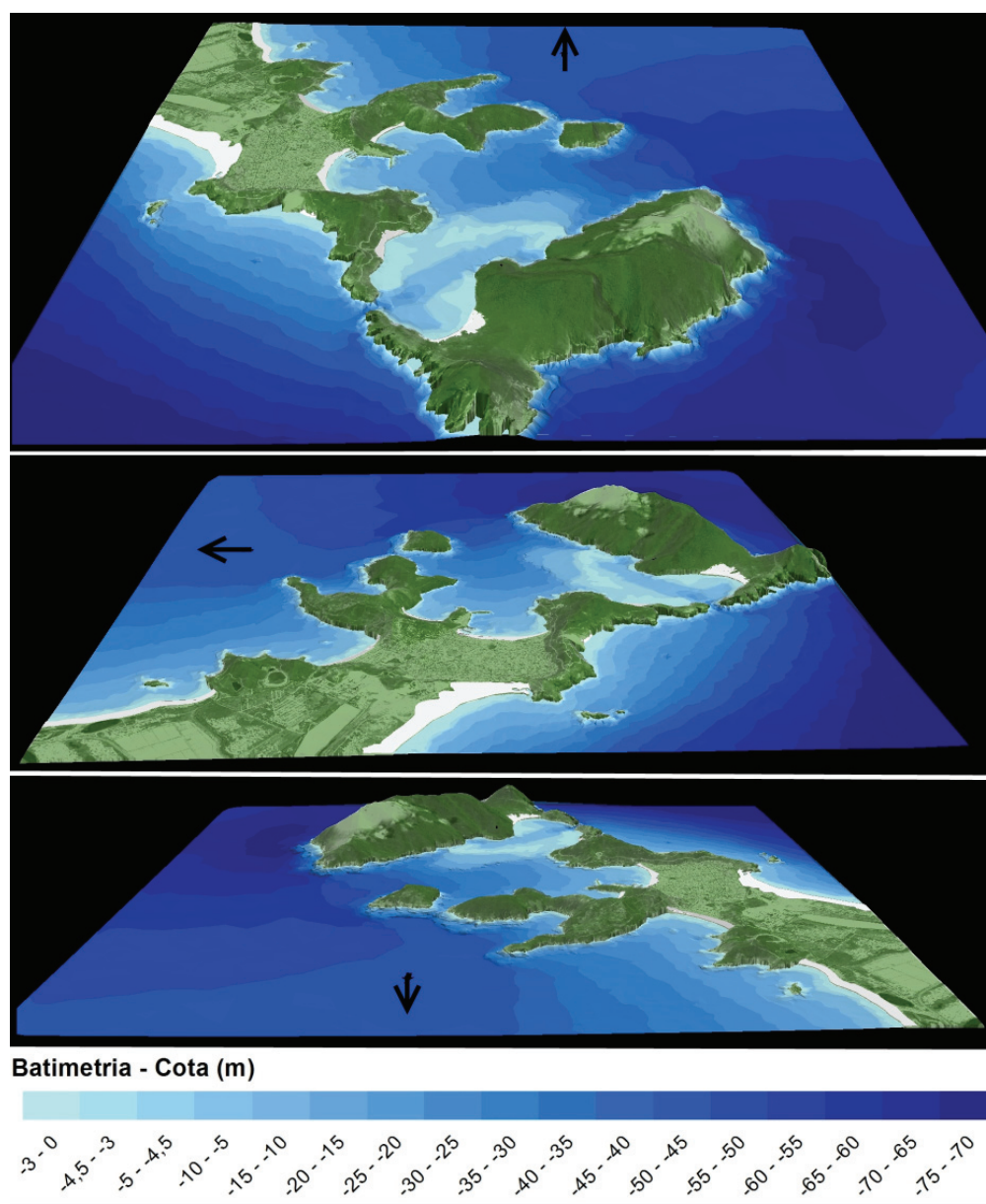


Fig. 14 - Reconstituição geográfica da Enseada dos Anjos em 3D. (Seta preta indica o Norte)

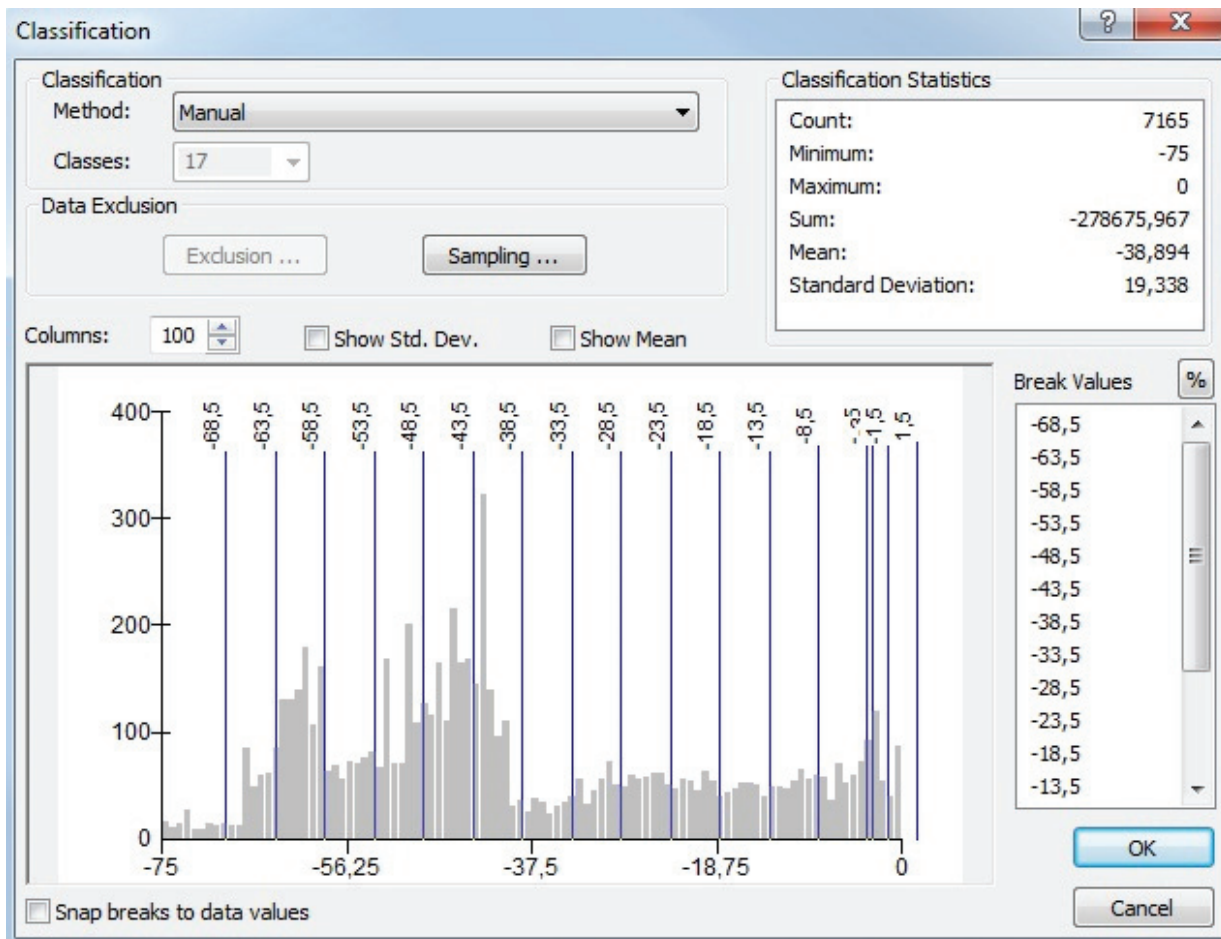


Fig. 15 - Tabela de classificação da simbologia para a batimetria reproduzida 1,5 m acima da atual.

Porém, sabe-se que essa consideração não deve ser totalmente validada, uma vez que a dinâmica sedimentar na plataforma rasa é extremamente complexa, tornando imensamente provável que a morfologia do fundo da enseada não tenha sido a mesma desde o período considerado, lembrando que ela é, em parte, atapetada, principalmente, por sedimentos arenosos, facilmente mobilizados por diversos fatores, e em diferentes escalas de tempo. Por isso, foram feitas interpretações geomorfológicas e sedimentológicas com base em conhecimentos adquiridos, e em trabalhos pretéritos, a fim de aproximar as reconstituições ao mais próximo possível da realidade, construindo-se, então, os “Modelos Propostos”, onde foram consideradas diversas hipóteses (tratadas no tópico 6.2.2). Destaca-se também, a criação de *shapes* que representassem as áreas sedimentares emersas, que foram traçados sobre a batimetria e a Imagem *ALOS*, para os Modelos Vigentes, e

posteriormente, editados para a elaboração dos Modelos Propostos.

A interpolação triangular (TIN) foi escolhida, por inspeção visual, como método mais adequado de produção das superfícies tridimensionais utilizadas para as reconstituições paleoambientais no presente trabalho. A superfície TIN destacou-se em relação às geradas por outros métodos por representar melhor a variação de pequena escala da batimetria da enseada. As outras superfícies (*rasters*) mostraram-se mais suavizadas, o que necessitaria de um alto exagero vertical para uma melhor visualização das diferenças batimétricas nos modelos paleogeográficos.

Além do embasamento científico, destaca-se o aspecto visual das reconstituições tridimensionais da Enseada dos Anjos, as quais foram desenvolvidas buscando representar, da melhor maneira possível, a realidade (Fig. 16).



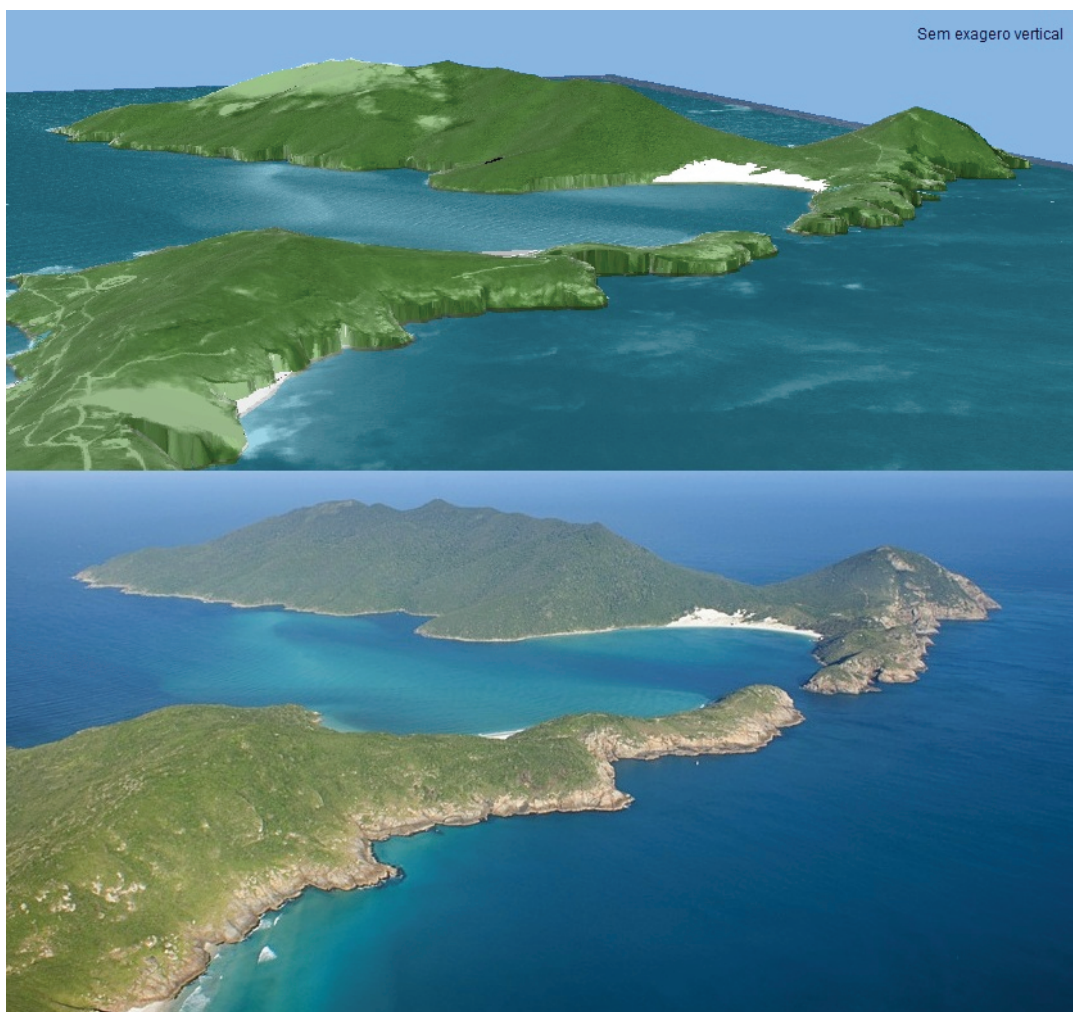


Fig. 16 - Modelo Digital X Realidade. (Seta preta indica o Norte)

### 6.2.1 Modelos Criados pelo *Software*

Os Modelos Vigentes (criados pelo *software*) são mostrados nas figuras a seguir (Figs. 17, 18, 19 e 20) reproduzidas em 3D no

ArcScene, onde aplicou-se um exagero vertical de 1,5x para facilitar a visualização das variações do relevo sem distanciar-se da realidade.

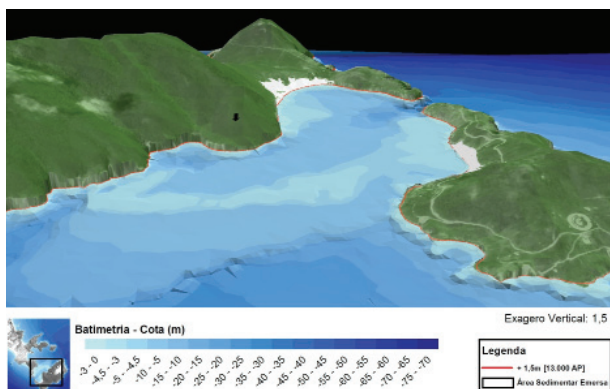


Fig. 17 - Reconstituição paleoambiental (Modelo Vigente) referente ao período de 13.130 - 12.860 cal AP. (Seta preta indica o Norte)

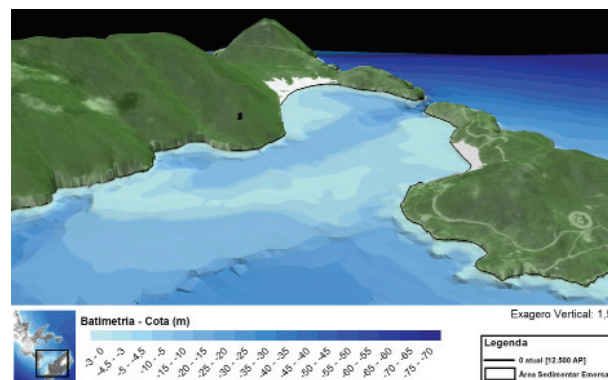


Fig 18 - Reconstituição paleoambiental (Modelo Vigente) referente ao período de 12.910 - 12.690 cal AP. (Seta preta indica o Norte)

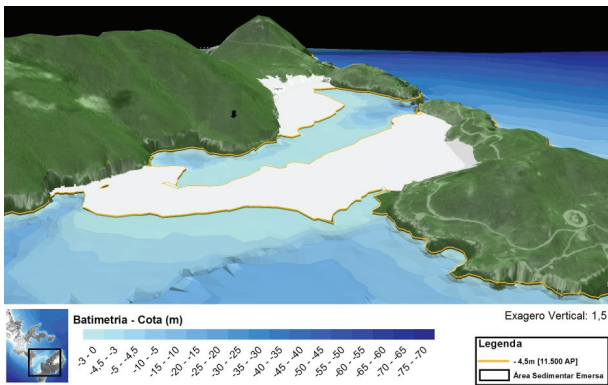


Fig. 19 - Reconstituição paleoambiental (Modelo Vigente) referente ao período de 11.940 - 11.240 cal AP. (Seta preta indica o Norte)

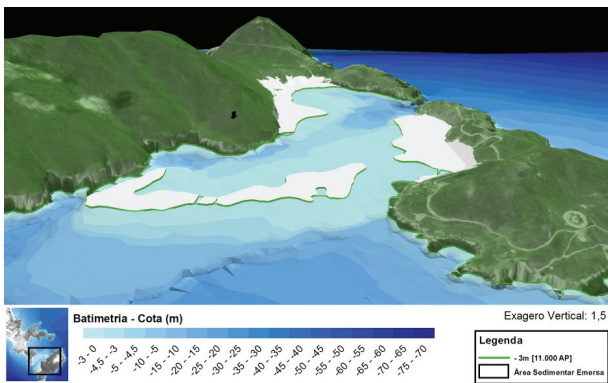


Fig. 20 - Reconstituição paleoambiental (Modelo Vigente) referente ao período de 11.149 - 11.337 cal AP. (Seta preta indica o Norte)

### 6.2.2 Interpretação e construção dos Modelos Propostos

Após a construção dos Modelos Vigentes, ficou claro que a batimetria influenciaria na posição das paleolinhas de costa resultantes de níveis marinhos abaixo do atual, uma vez que essas foram projetadas nas curvas batimétricas de -3,0 e -4,5 metros. Para eliminar essa influência, foram construídos os Modelos Propostos, eliminando-se a batimetria e projetando as áreas sedimentares para locais hipotéticos, criando reconstituições que poderiam ser mais prováveis, porém, meramente artísticas (incluindo a expansão da vegetação). A construção desses modelos foi realizada com base nos seguintes argumentos:

1) A geomorfologia da área de estudo aparenta-se com a encontrada na região de Armação de Búzios / RJ, cerca de 26,5 km a nordeste de

Arraial do Cabo. A principal diferença entre os dois promontórios: Ilha do Cabo Frio e Armação de Búzios, é que o segundo forma um tómbolo (feição geomorfológica resultante da união de uma ilha ao continente por acúmulo de sedimentos) como mostra o mapa geológico simplificado de Búzios (Fig. 21).

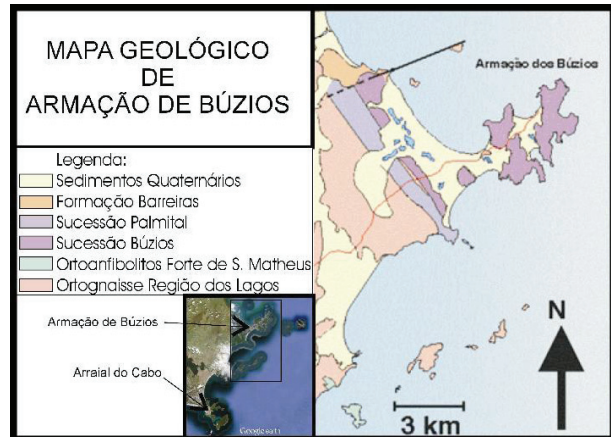


Fig. 21 - Mapa geológico de Armação de Búzios (Modificado de Schmitt, 2001).

2) A formação do tómbolo seria resultado do rebaixamento do NRM, que mobilizaria os sedimentos do *sandbar* característico da área de estudo para as proximidades do Canal do Boqueirão (Figs. 22 e 23). Para reproduzir essa junção da Ilha do Cabo Frio com o continente, calculou-se a área da porção emersa dos Modelos Vigentes de 11.000 e 11.500 anos AP e criaram-se novos *shapes* com volumes semelhantes, considerando-se certa semelhança entre a área e o volume de sedimentos. Uma margem de alguns metros quadrados (ordem de 1.000 m<sup>2</sup>) foi considerada irrelevante devido ao volume sedimentar que poderia permanecer submerso;

3) A batimetria não foi reproduzida nos Modelos Propostos (Figs. 24 e 25), uma vez que a dinâmica sedimentar foi considerada, e a hipótese de que alterações na morfologia do fundo ocorreriam constantemente dificultou a suposição de uma nova batimetria;

4) O desenvolvimento de uma pequena lagoa desenvolvida em uma porção mais profunda da batimetria foi considerado possível (semelhante à Lagoa de Geribá, em Búzios).

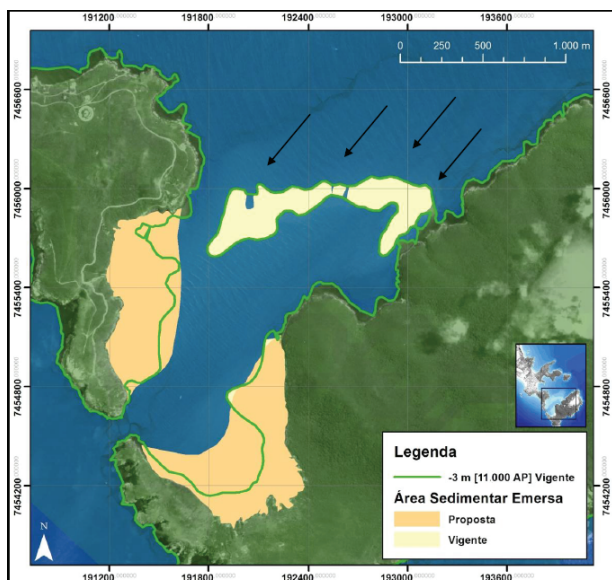


Fig. 22 - Modelo Proposto para o período de 11.149 - 11.337 cal AP (11.000 AP). Setas pretas indicam a principal direção do transporte sedimentar na região (NE-SW). Setas brancas indicam a principal direção do transporte sedimentar na região (NE-SW).

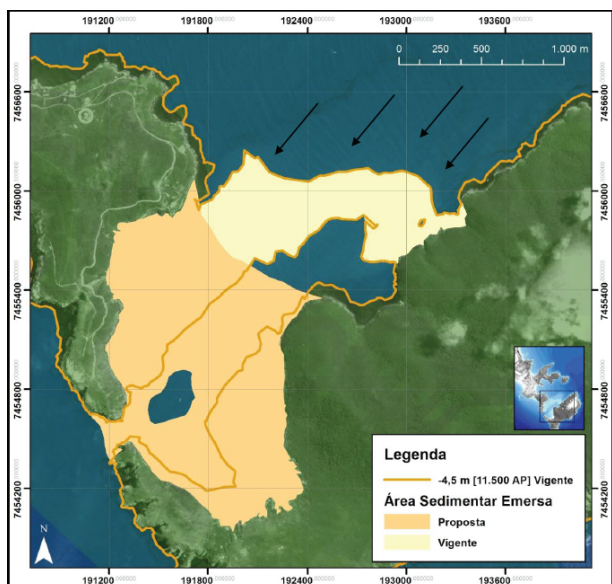


Fig. 23 - Modelo Proposto para o período de 12.910 – 12.690 cal AP (11.500 AP). Setas pretas indicam a principal direção do transporte sedimentar na região (NE-SW). Setas brancas indicam a principal direção do transporte sedimentar na região (NE-SW).

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Resultados obtidos por Castro e Suguio (2011) sugerem que entre 13.130 e 11.149 anos cal AP, ocorreu localmente, na Enseada dos Anjos, uma variação do nível relativo do mar em torno de 6,0 m, correspondendo à oscilação negativa de - 4,5 m e positiva de 1,5 m, provavelmente influenciada por processo

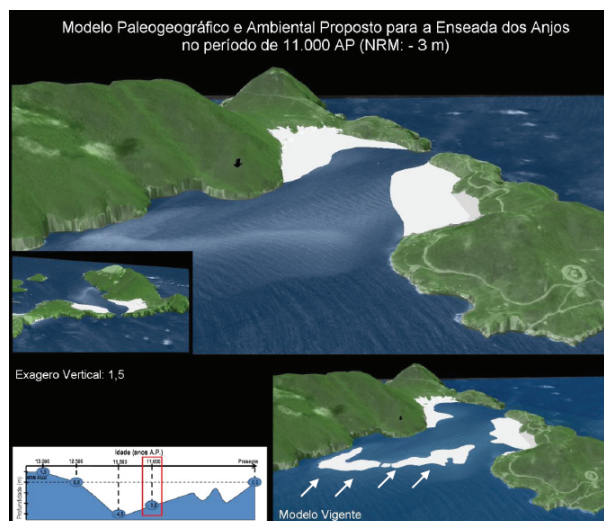


Fig. 24 - Modelo Proposto para a reconstituição de 11.000 anos AP (-3 m). Setas brancas indicam a principal direção do transporte sedimentar na região (NE-SW). (Setas pretas indicam o Norte).

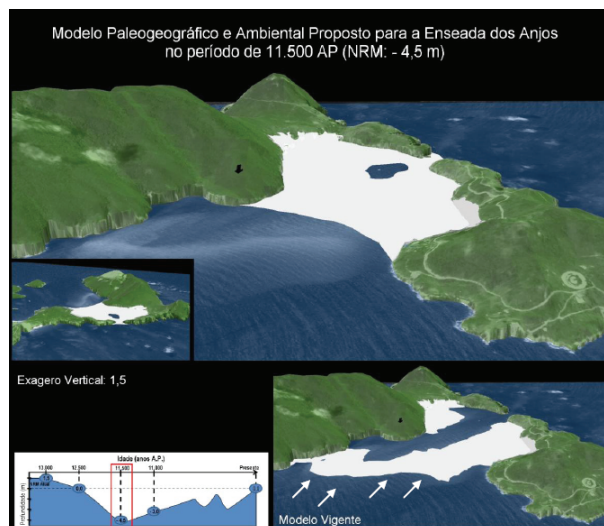


Fig. 25 - Modelo Proposto para a reconstituição de 11.500 anos AP (-4,5 m). Setas brancas indicam a principal direção do transporte sedimentar na região (NE-SW). (Setas pretas indicam o Norte)

neotectônico. O período correspondente ao máximo alcançado pelo nível médio do mar durante o final do Pleistoceno coincide com os demais estudos realizados na costa leste do Brasil. Ressalta-se divergência nos valores encontrados mesmo com a uniformização de *datum*.

Os estudos aqui realizados destacaram dois intervalos da transição Pleistoceno-Holoceno

em que o NRM esteve abaixo do atual: 11.940 - 11.240 cal AP (-4,5 m) e 11.149 - 11.337 cal AP (-3 m), um em que o nível marinho esteve semelhante ao atual (12.910 - 12.690 cal AP) e o mais antigo, em que o NRM esteve 1,5 m acima deste (13.130 - 12.860 cal AP), baseando-se na identificação e datação de quatro *beachrocks* que afloram na Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo / RJ. A partir desses dados, de material adquirido na DHN (a folha de bordo) e no site da EMBRAPA (a Imagem SRTM), e de técnicas de geoprocessamento (através do *software* ArcGis v.10), foram criados modelos “Vigentes” e “Propostos” para reconstituir a paleogeografia da Enseada dos Anjos.

Comparando a área de estudo com a região de Armação de Búzios / RJ, e assumindo o fato de que os sedimentos do banco de areia existente na enseada são mobilizados, principalmente, por ondas e correntes provenientes do quadrante NE (Castro *et al*, 2014), os Modelos Propostos para os períodos com NRM abaixo do atual (- 3,0 e -4,5 m) foram desenvolvidos supondo a formação de um tómbolo, unindo a Ilha do Cabo Frio ao continente, que seria resultado da migração do *sandbar* em direção ao Canal do Boqueirão a Sudoeste.

Tendo em vista a dificuldade em simular condições de paleoníveis do mar apenas com *beachrocks* como registro paleogeográfico, o presente trabalho deve ser considerado como um importante passo para a criação de uma reconstituição paleoambiental com maior acurácia para a Enseada dos Anjos. Para tal resultado, acredita-se que seria de extrema importância a realização de trabalhos paleontológicos e sedimentológicos mais detalhados, como a realização de furos de sondagem e/ou de amostragens de testemunhos, pelo meio dos quais poderiam ser identificadas as condições paleoclimáticas, as direções das paleocorrentes, as condições de salinidade e temperatura das águas, dentre outros. Além disso, aconselha-se a realização de levantamentos sísmicos rasos na área, para a identificação de superfícies estratigráficas e do contato entre o embasamento cristalino e os sedimentos quaternários da plataforma rasa na região.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO, R.L. **Regiões costeiras. Geodiversidade do Brasil – Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro.** CPRM – Serviço Geológico do Brasil. cp. 6, p. 101-110, 2008.

CASTRO, J.W.A.; KENITIRO, S.; CUNHA, A.M.; SEOANE, J.C.S.; DIAS, F.F. Sea-level fluctuations and coastal evolution in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 86(2), p. 487-500, 2014.

CASTRO, J.W.A.; SUGUIO, K.; CUNHA, A.M.; TÂMEGA, F.T.S.; RODRIGUEZ, R.R. Rochas de praia “*beachrocks*” Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo, registro geológico ímpar da transição Pleistoceno – Holoceno no Estado do Rio de Janeiro. **Anuário IGEO**. UFRJ. Vol. 35(1), p. 236-241, 2012.

CASTRO, J.W.A. & SUGUIO, K. Rochas de praia “*beachrocks*” testemunhos de antigas posições do nível relativo do mar na ilha do Cabo Frio, Rio de Janeiro. In: **XIII Congresso Brasileiro da ABEQUA**, 2011, Búzios. O Quaternário Sul Americano - Desafios e Perspectivas. Niterói: UFF, v. 1. p. 55-59, 2011.

DANTAS, M.E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A.I.M.; SILVA, C.R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERAN, S.B.; FILHO, A.C. Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. In: EMBRAPA (ed.). **Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. CPRM: Brasília, p. 218, 2000.

DESRUELLES, S.; FOUACHE, E.; CINER, A.; DALONGEVILLE, R.; PAVLOPOULOS, K.; KOSUN, E.; CONQUINOT, Y. & POTDEVIN, J. Beachrocks and sea level changes since Middle Holocene: Comparison between the insular group of Mykonos–Delos–Rhenia (Cyclades, Greece) and the southern coast of Turkey. **Global and Planetary Change** 66 (2009) p. 19–33, 2008.

DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Folha de Bordo FB-1503-001/85 da Enseada do Cabo Frio**. Niterói – RJ, 1987.

DIAS, F.F.; CASTRO, J.W.A.; SEOANE, J.C.S.

Dinâmica sedimentar da Praia do Perú - Cabo Frio / RJ - nos últimos 7000 anos: análise pretérita e atual. **Revista Brasileira de Cartografia** No 62/02, p. 145-154, 2010.

EMBRAPA. **Brasil em Relevo. Campinas: Monitoramento por Satélite, 2005.** Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 19 out. 2011.

MARTIN, L.; TASAYCO-ORTEGA, L.A.; FLEXO, J-M.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. **Registro das variações do nível do mar e do clima nos sedimentos das pequenas lagunas hipersalinas de Cabo Frio (RJ).** XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia. Anais, vol. 4 – Simpósios, Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo Bahia - Sergipe, p. 523-525, 1996.

MAZZINI, P.L.F. & SCHETTINI, C.A.F. Avaliação de metodologias de interpolação especial aplicados a dados hidrográficos costeiros quaseinóticos. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.** 13(1): p. 53-64. ISSN 1808-7035, 2009.

MESQUITA, A. R. **Marés, Circulação e Nível do Mar na Costa Sudeste do Brasil.** Documento Preparado para a FUNDESPA (Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas), 22 p., 1997. Disponível em: <<http://www.mares.io.usp.br>>. Acesso em: 18 out. 2011.

PEZZO, M. Datação por Carbono-14. **Univerciência.** p. 4-6. Dezembro, 2002.

SAVI, D.C. Erosão e Acresção Costeira na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ. **Revista**

**Brasileira de Geofísica** (2007) 25 (Supl.1): p. 91-99. Sociedade Brasileira de Geofísica, 2007.

SICHEL, S.; ARAÚJO, A.L.N.; GUEDES, A.; MANSUR, K.L.; GUIMARÃES, P.V.;

MEDEIROS, F. & MADJALANI, S. **Projeto Caminhos Geológicos – Ferramenta Para Inclusão Social no Campo do Conhecimento Científico.** In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, Aracaju. Coletânea de Trabalhos Completos do 43º Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 569-574, 2008.

SILVA, A.C. **Dinâmica batimétrica e sedimentológica da região do Cabo Frio.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Brasil, 176 pp. 2009.

SCHMITT, R.S. **Ponto de Interesse Geológico Ponta do Marisco - Geribá.** - Geribá. Projeto Caminhos Geológicos [online]. Departamento de Recursos Minerais, 2001. Disponível em: <<http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br>>. Acesso em: 25 nov 2011.

TURNER, R.J. Beachrock, *in* Schwartz, ML, ed., **Encyclopedia of Coastal Science.** Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. p. 183-186, 2005.

WILSON, J.C. & GALLANT, J.C. **Terrain Analysis: principles and applications.** Cap. Digital elevation models and representation of terrain shape, p. 34-35, 2000.