

# DINÂMICA SEDIMENTAR DA PRAIA DO PERÓ - CABO FRIO / RJ - NOS ÚLTIMOS 7000 ANOS: ANÁLISE PRETÉRITA E ATUAL

*Sediment Dynamics of the Peró Beach - Cabo Frio / RJ - in the Last 7000 Years: Past and Present Analysis*

**Fábio Ferreira Dias<sup>1</sup>**  
**João Wagner Alencar Castro<sup>2</sup>**  
**José Carlos Sícoli Seoane<sup>1</sup>**

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

**Departamento de Geologia**

Av. Athos da Silveira, 274 (prédio do CCMN), bloco G. Campus Ilha do Fundão (Cidade Universitária)

CEP 21.949-900, Rio de Janeiro, RJ

fabiofgeo@yahoo.com.br

cainho@geologia.ufrj.br

cainho.geo@gmail.com

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

**Museu Nacional/Departamento de Geologia e Paleontologia/LAGECOST**

DGP/MN/UFRJ, 20940-040, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Rio de Janeiro/RJ

jwacastro@gmail.com

## RESUMO

Objetiva-se estudar a dinâmica sedimentar e hidráulica pretérita e atual da praia do Peró usando como parâmetro datações no depósito de paleopraia, fotografias aéreas de diferentes datas de vôo e monitoramento de campo. Através do método de datação cronológica <sup>14</sup>C foi possível estabelecer a idade da paleopraia. As fotografias aéreas correspondentes aos anos de 1959, 1976 e 2003 permitiram uma avaliação de curto prazo sobre o comportamento da atual linha de costa, estabelecendo assim, a relação do antigo posicionamento da paleopraia em relação à faixa de preamar atual. Os resultados indicaram que a paleopraia situada no interior da planície costeira apresenta idade 3373 - 3000 cal AP. A variação da linha de costa correspondente ao período de 1959 - 1976 foi de aproximadamente 30 m de acreção e entre 1976 - 2003, a retrogradação foi de 30 m. Neste contexto os resultados alcançados mostraram-se satisfatório para compreensão da dinâmica sedimentar da praia do Peró, município de Cabo Frio - Rio de Janeiro.

**Palavras chave:** Dinâmica Sedimentar, Datações em Paleopraia, Praia do Peró – Cabo Frio.

## ABSTRACT

The present objective is to study the past and current sediment and hydraulic dynamics of the Peró beach, using as parameters the dating of the paleoshore deposit, time-series of aerial photographs, and field monitoring. Through <sup>14</sup>C chronological dating, the age of paleoshore was establish. The aerial photographs corresponding to the years of 1959, 1976 and 2003 allowed an assessment of short-term variations of the coastline, thereby helping establish the relationship of the old positioning of paleoshore and the present-day shoreline. Dating results from the <sup>14</sup>C dating demonstrate that the paleoshore located within the present-day coastal plain was formed from 3373 to 3000 cal AP. The variation of the coastline between the 1959-1976 periods was represented by an accretion of approximately 30 m, whereas from 1976 to 2003, 30 m were eroded from the coastline. In this context the results have proved satisfactory for understanding the dynamics of the sediments from Peró beach, located in Cabo Frio, in the state of Rio de Janeiro.

**Keywords:** Sedimentary Dynamics, Paleoshore Dating, Peró Beach – Cabo Frio, SE Brazil.

## 1. INTRODUÇÃO

O entendimento da dinâmica sedimentar no ambiente praiar é de grande 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. Variações eustáticas, isostasia, suprimento sedimentar, interferências antrópicas, mudanças na circulação atmosférica são alguns dos fatores que podem influenciar na evolução da linha de costa (SUGUIO *et al.*, 2005). A relação praia - paleopraia é fortemente influenciada pelas variações do nível do mar e pelo aporte sedimentar através de complexas interações. As investigações voltadas para estudos de evolução de linha de praia em função das modificações ambientais (*e.g.*, causadas pelo aquecimento global e conseqüente possível sobrelevação do nível do mar) são comuns às geociências e às engenharias. Segundo CPSMA (1998), BRUUN foi um dos primeiros autores a estudar as relações entre as variações do nível do mar e seus efeitos no posicionamento da linha de praia a partir do comprimento do perfil ativo, declividade média da praia, altura e período da onda. Várias críticas ao modelo proposto por esse autor são observadas em USACE (1995) e Cooper & Pilkey (2004) em função da desconsideração da atuação da corrente longitudinal na distribuição de sedimentos ao largo da linha de costa. Segundo Cooper & Pilkey (OP CIT), a utilização de fotografias aéreas e imagens de satélites de diferentes datas são mais eficientes nos estudos de evolução e monitoramento de praia se comparados ao modelo proposto por Bruun (1954, IN CPSMA, 1998). Leatherman (2003) em artigo abordando formas de mapeamento costeiro aponta diversos indicadores, entre estes, linha de vegetação, cordão frontal e presença de escarpa de praia como elementos ambientais a serem selecionados para análise das alterações morfológicas da linha de praia. Uma outra alternativa ao modelo proposto por Bruun (1954, IN CPSMA, 1998) pode ser observado nos trabalhos propostos de Castro, (2001), Davidson-Arnott (2005) e Santos (2008), que incluem a presença de dunas costeiras como importante elemento no balanço sedimentar. Essa alternativa de modelo inclui a saída de sedimentos da praia para alimentação de um determinado campo de dunas. Dias *et al.* (2007) estudando o processo de erosão costeira através de fotografias aéreas e modelos digitais do terreno na praia do Perú concluíram que o desenvolvimento de dunas relaciona-se ao déficit de sedimentos na praia, traduzido em recuo da linha de costa. Outros trabalhos, entre estes, Castro (2006) relacionam a formação do campo de dunas do Perú principalmente a ação dos ventos de nordeste que ao atuarem sobre a superfície da praia em maré baixa remobilizam os sedimentos secos

formando assim as dunas oblíquas de retaguarda. O balanço sedimentar é negativo devido à ausência de transporte de sedimentos das dunas em relação à praia. O presente trabalho tem como objetivo estudar as relações entre a dinâmica sedimentar pretérita e atual da praia do Perú (Fig.1) usando como parâmetros datações realizadas pelo método do  $^{14}\text{C}$  em material orgânico encontrado em testemunhos de sondagem e fotografias aéreas de diferentes datas de vôo (curto prazo), como indicadores de evolução de linha de praia.

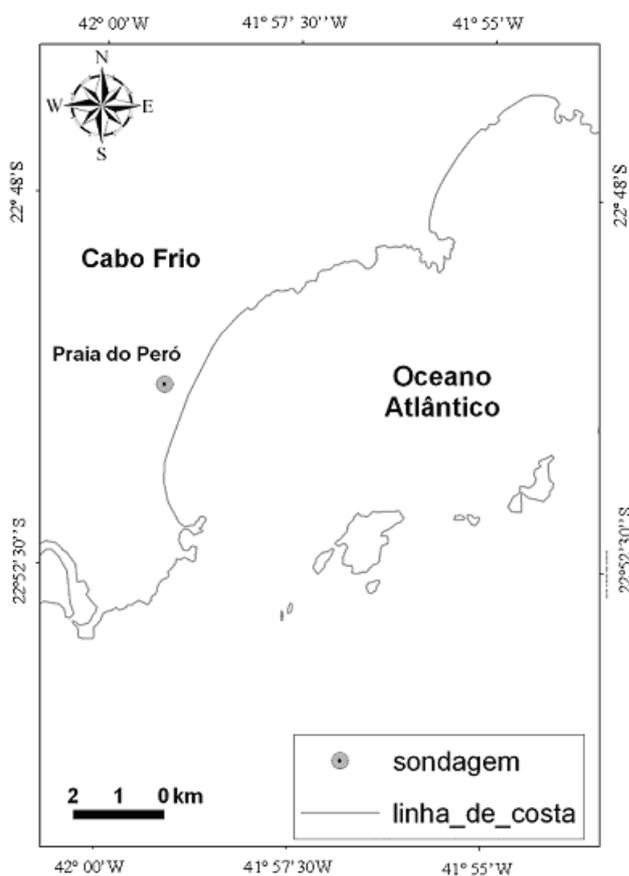


Fig. 1 - Localização da praia do Perú, município de Cabo Frio - Rio de Janeiro.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi constituído das seguintes etapas: coleta de subsuperfície, descrição e amostragem de testemunhos, datação por  $^{14}\text{C}$ , georreferenciamento detalhado, interpretação de fotografias aéreas de diferentes datas de vôo e reconstituição ambiental da paleopraia. Foi realizada uma sondagem a percussão na planície costeira da praia do Perú a uma distância de 570 metros da linha de praia atual. As coordenadas foram obtidas com a utilização de um par de rastreadores GPS Promark 2 que forneceu com grande confiabilidade a latitude, longitude e altitude ortométrica após os dados serem processados no programa *Ashtech Solutions*. O testemunho coletado atingiu uma profundidade de 2,5m e sua análise foi baseada na cor, textura, tipo de contato, material vegetal

e espécies de moluscos. Os materiais para datação, constituídos por conchas de moluscos e fragmentos de carvão, foram obtidos a 0,80 m e 2,5m de profundidade, respectivamente (Tab. 1). As amostras foram analisadas e datadas no *Head of Radiation Hygienic Monitoring Laboratory*, localizado em Kiev, Ucrânia. As idades encontradas foram corrigidas com a utilização do programa *Calib* (REIMER & STUIVER, 2005). Tal calibração faz a conversão da idade do radiocarbono (convencional) para a idade do calendário calibrado (até 1950), calculando-se a distribuição da probabilidade, ou seja, o intervalo de confiança para datação da amostra. As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia da UFRJ. As amostras foram lavadas, secadas na estufa e peneiradas. Foram eliminados os carbonatos e matéria orgânica, segundo Folk (1974).

Durante a etapa de geoprocessamento foram utilizadas fotografias aéreas de diferentes datas de vôos pertencentes ao acervo do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM) correspondentes aos anos de 1959, 1976 e 2003. O primeiro passo constou da digitalização com resolução de 300 dpi sem compressão para que as imagens não perdessem resolução. As fotografias ortorretificadas datadas de 2003 já se encontravam em formato digital. As resoluções espaciais e escalas das fotografias aéreas de 1959, 1976 e 2003 são, respectivamente, de 1,7m, 1,7m e 3,53m e 1/20000, 1/20000 e 1/10000. Nessa etapa foi utilizado o *software ArcGis 9.2*. Primeiramente foram georreferenciadas as ortofotos mais recentes e a seguir identificados pontos em comum entre as fotografias aéreas mais antigas e as ortofotos, utilizadas como base, com objetivo de georreferenciar e corrigir as distorções encontradas. Os principais fatores a serem considerados na correção geométrica de imagens são o modelo matemático e pontos de controle.

Segundo Loch (2000), esses pontos devem ser em número suficiente e bem distribuído. A quantidade de números de pontos dependerá do modelo utilizado ou do grau do polinômio, que cresce segundo sua ordem (quanto maior o grau, mais pontos são necessários para calcular os dados). Utilizou-se o sistema de coordenadas UTM, datum SAD 1969, zona 24. Foi utilizada a opção polinômio de terceira ordem presente no programa. Em seguida foram demarcadas as linhas de vegetação para comparação posterior das modificações do posicionamento da linha de praia ao longo dos anos observados (Fig. 2). Nessa fase foi inserido, no mosaico georreferenciado, o ponto da sondagem, e conseqüentemente realizado à reconstrução da paleopraia do Perú em uma linha aproximadamente paralela à praia atual, obedecendo a disposição dos paleocordões.



Fig. 2 – Depósito eólico que delimita o início da linha de vegetação na praia do Perú / Cabo Frio.

### 3. RESULTADOS

O testemunho do Perú encontra-se na Latitude 22° 50' 15,9277" S e Longitude 41° 59' 11,4110" W, a 2,41m acima do nível médio do mar em relação à altitude aferida com os dados provenientes do marégrafo de Imbituba (datum vertical). Sua base está a uma profundidade de 2,50 m e é caracterizada pela presença de um tronco carbonizado em contato com areias finas muito bem selecionadas. Sobrepondo esse material verifica-se uma camada de areia fina moderadamente selecionada em contato com um nível de conchas de moluscos com predominância de *Anomalocardia brasiliana* com valvas inteiras e quebradas na profundidade de 0,80 m (Fig. 3). Em seguida verifica-se uma camada de areia fina bem selecionada até a superfície. Em todo testemunho foram observados 4 (quatro) níveis de paleossolos, presença de marcas de raízes e manchas amareladas que denotam variações do lençol freático.

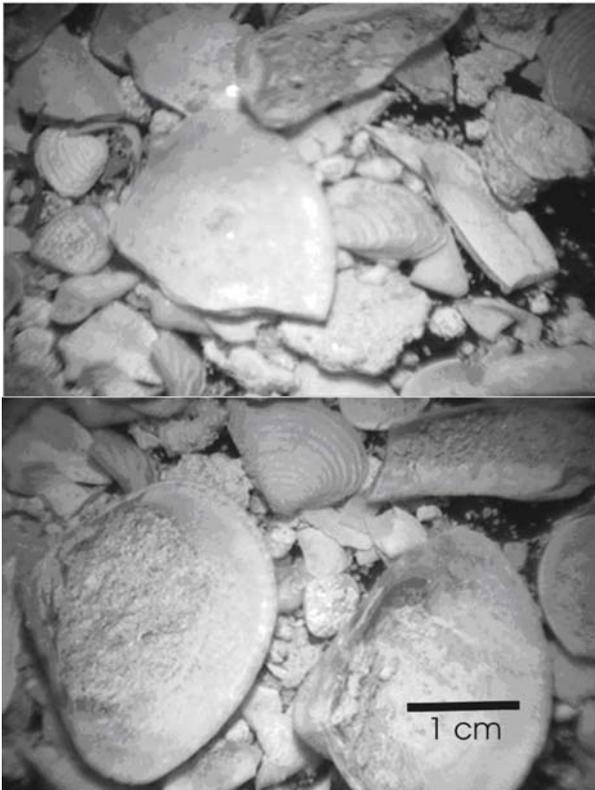


Fig.3 - Conchas encontradas no testemunho do Perú a 0.80 m de profundidade em relação ao topo da sondagem. .

Foram selecionados dois níveis para datação: valvas inteiras de *Anomalocardia brasiliiana* (espécie predominante) e um pedaço de tronco, identificado como *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). Os dados referentes à localização, profundidade e idade da amostra proveniente do testemunho se encontram detalhados na Tab.1.

TABELA 1 - PROFUNDIDADE DA AMOSTRA E IDADE CALIBRADA.

Amostra	Coord. geográficas	Material	Prof. (m)	Idade Calibrada $2 \sigma$ (cal AP)
LAGECOST-UFRJ 01	Latitude. 22°50'15,9277"S	carvão vegetal (tronco)	2,5 m	6.890 – 6.631
LAGECOST-UFRJ 02	Long. 41°59'11,4110"W	valvas de moluscos	0,8 m	3.373 – 3.000

Através das fotografias aéreas correspondentes aos mosaicos de 1959 e 1976 verificou-se uma progradação da linha de costa no centro do arco praiado da praia do Perú na ordem de 30 m (Fig.4)

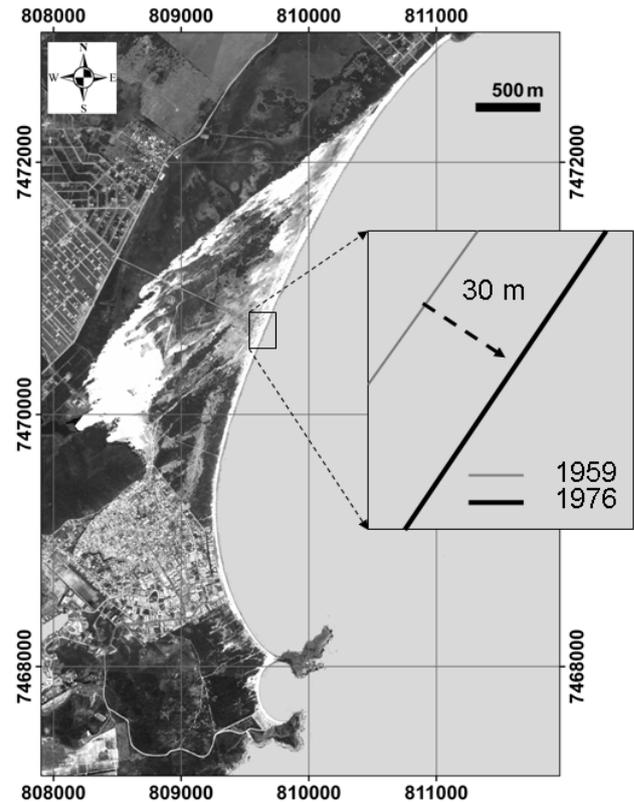


Fig. 4 - Modificação da linha de costa na praia do Perú entre 1959 e 1976 (detalhe no zoom).

Entre 1976 e 2003, o comportamento da linha de praia passou a assumir uma característica distinta em relação aos recobrimentos aéreos anterior. No centro do arco praiado durante o período analisado verificou-se um recuo de linha de praia (retrogradação) de 30 m. (Fig. 5).

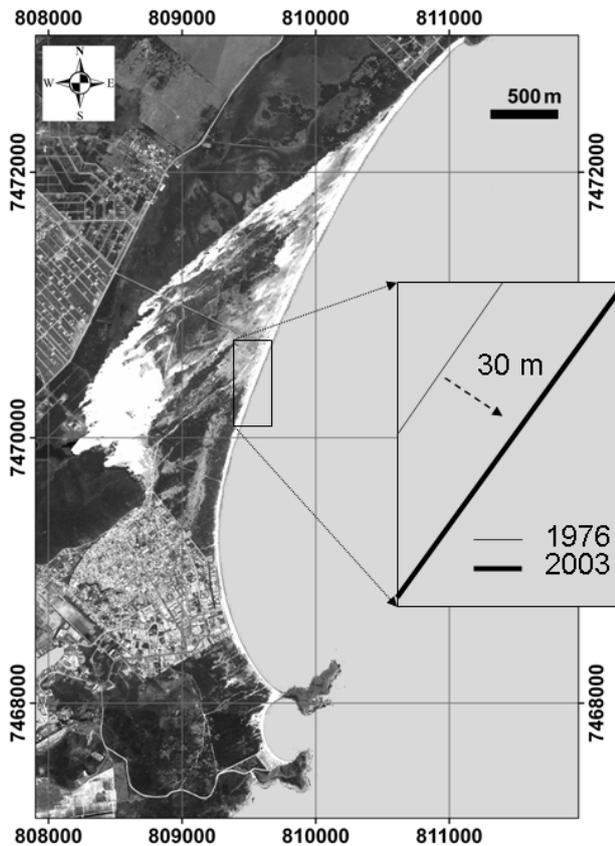


Fig. 5- Comparação das linhas de praia em 1976 e 2003, mostrando deslocamento em direção ao continente.

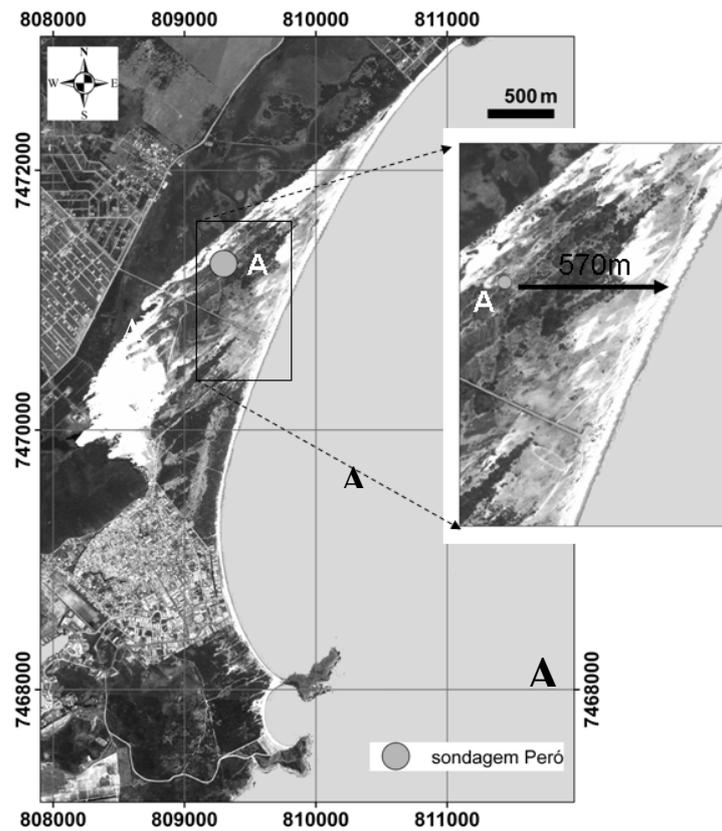


Fig. 6 – Relação entre o ponto de sondagem “A” e a linha de praia atual.

A Fig. 6 mostra a antiga linha de praia, correspondente ao ponto de sondagem representado pela letra “A” e a distância em relação à linha de costa atual. O posicionamento da linha de paleopraia foi obtido a partir da interpretação dos dados de sondagem que revelaram níveis centimétricos de conchas de moluscos possivelmente relacionados ao registro de leques de sobrelavagem (*overwash*) posicionados a retaguarda da praia atual.

Levando em consideração que a morfologia do arco praial do Però ancorado por promontórios rochosos nas extremidades não tenha sofrido alterações em seu formato de 3.373 - 3.000 cal AP até os dias atuais, traçou-se uma linha de paleopraia para o período considerado (Fig. 7).

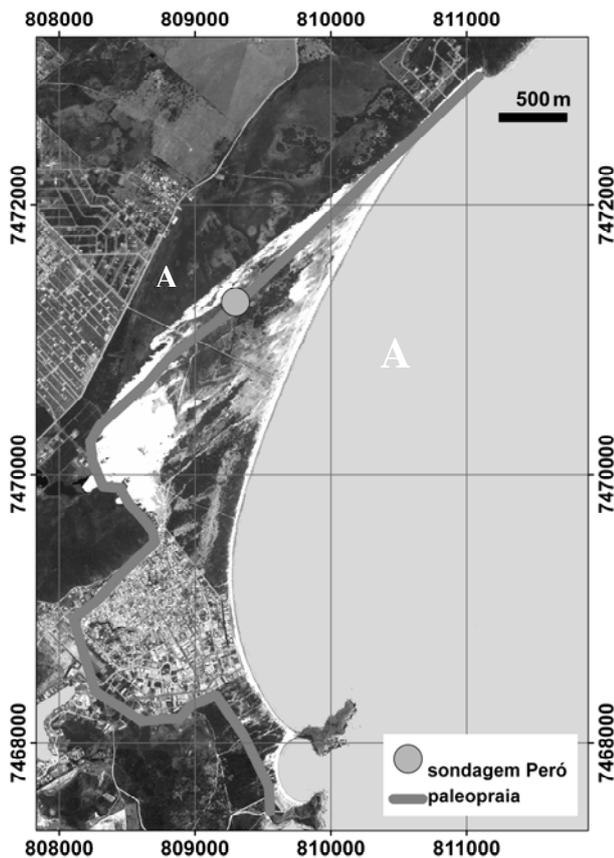


Fig. 7 - Linha de paleopraia traçada através da interpretação de dados de sondagens.

## 4. DISCUSSÕES

### 4.1 Registros geológicos e interpretações paleoambientais

Os dados obtidos em relação ao tronco carbonizado demonstraram uma idade calibrada de 6.890 - 6.631 cal AP. Conforme análise do material verificou-se a presença de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) encontrada a -0,10 m do nível médio do mar atual considerando a amplitude de maré regional de 1,0 m. O resultado de datação obtido caracteriza um ambiente de manguezal em condição de nível do mar próximo ao atual. Scheel-Ybert (2000) também encontrou evidências de mangues nas margens do canal de Itajuru, Cabo Frio, entre 6.190 - 5.760 anos cal AP, reforçando também uma posição próxima ao atual. Essa constatação coincide com curvas de variação do nível do mar para vários pontos do litoral brasileiro para o intervalo 7000 - 6000 anos (nível do mar próximo ao zero atual), principalmente para as regiões de Santos, Cananéia - Iguape, Paranaguá e Itajaí - Laguna (SUGUIO, 1999). A variação do nível do mar na Região dos Lagos durante o Holoceno foi analisada por Barbosa (1997) através das assembleias de foraminíferos e resultados similares foram obtidos. Castro (2005), em seu estudo sobre um depósito de coquina na Reserva Tauá, datado entre 5034 - 5730 cal

AP, afirma que nesse período, o nível do mar já havia ultrapassado o atual.

No testemunho, estudado no interior da planície costeira do Perú verificou-se que o nível de conchas apresentava valvas inteiras e quebradas, associadas a um pacote de areias finas com moderado grau de seleção. O restante do testemunho apresentou grau de seleção variando de bem a muito selecionado. O nível de conchas foi interpretado como um depósito decorrente de um evento de grande energia, formado provavelmente por ondas de tempestade "swell". No intervalo compreendido entre 3373 - 3000 cal AP, correspondente à idade do nível de conchas quando ocorreu a deposição do leque no interior da planície costeira numa condição de nível do mar acima do atual com ação de ondas a aproximadamente 570m da linha de praia. Essa constatação corrobora dados das curvas de variações do nível do mar para o sudeste brasileiro (Suguió, 1999). Segundo Davies (1992), os ambientes situados à retaguarda dos cordões litorâneos são preservados com mais facilidade, entre estes, leque de sobrelavagem, lagoas e mangues devido ao soterramento dos registros.

### 4.2 Mudanças no posicionamento da praia

Entre 1959 e 1976, a praia apresentou um engordamento de aproximadamente 30 m. Esse deslocamento da linha praia no sentido do oceano pode ser explicado por um maior aporte sedimentar induzido por ondas e uma menor retirada de sedimentos da face de praia pelos ventos de nordeste.

Verificou-se um recuo de linha de costa de 30 m no período entre 1976 e 2003. Tal fato deve-se a uma série de fatores principalmente aqueles relacionados a maior incidência de ressacas e a ação dos ventos de nordeste com maior poder de remobilização de sedimentos em direção ao continente. Segundo Castro (2006) os ventos de nordeste que atuam sobre a superfície da praia em condição de maré baixa tem um papel fundamental no posicionamento da linha de praia. Ventos com velocidades maiores que 5 m/s agem como agentes erosivos, enquanto, ventos com velocidades menores não apresentam competência para remobilizar sedimentos de praia em direção ao interior.

Segundo Ikeda (1964, in SUGUIO, 1999), a relação VM (velocidade de subida do nível do mar) x VS (velocidade de sedimentação), pode resultar em três situações (ou destinos para o sentido migratório do posicionamento da linha de praia):

- 1 - VM maior que VS, resultará em uma transgressão, com uma migração da praia no sentido do continente;
- 2 - VM aproximadamente igual à VS representará certa estabilidade da mesma; e
- 3 - VM menor que VS ocasionará uma regressão, com uma progradação da linha de costa.

Essa relação pode estar sendo a principal responsável pelas oscilações ocorridas na praia do Perú, não só na atualidade, mas também ao longo do Holoceno. Segundo Dias et al. (2007), o registro de leque de sobre-lavagem (*overwash*) na planície costeira de Cabo Frio adjacente à

referida praia, situado a aproximadamente 570 metros do cordão atual, confirma a ação das ondas mais para o interior da planície. A localização da camada de conchas mostra que as flutuações do nível do mar e as variações do aporte sedimentar foram determinantes desde a sua formação (3.373 – 3.000 *cal AP*) até hoje, nas alterações da paisagem e no posicionamento da praia.

Segundo Suguio (1999), o posicionamento da linha de praia depende de uma série de fatores tais como: variações de marés, ventos, subsidência, soerguimento, aporte sedimentar, variações do nível do mar, etc. Em áreas tectonicamente estáveis, a relação variação do nível do mar x variação do aporte sedimentar ganham importância. Nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, segundo o mesmo autor, o primeiro fenômeno não apresentou grande influência no Holoceno. Já o aquecimento global e conseqüentemente, o aumento dos níveis dos volumes das águas nas bacias oceânicas, faz com que os movimentos isostáticos apareçam para incrementar a ação do balanço sedimentar.

As previsões dos posicionamentos da linha de praia são de suma importância para o planejamento do uso da área. Segundo alguns cientistas, estaremos entrando numa fase glacial (com recuo da linha de praia?). Para outros, com o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub>, o nível do mar continuará a subir trazendo problemas para muitas regiões costeiras (SUGUIO, 1999, IPCC 2007). Caso a subida do nível do mar continue, seguido de um déficit na taxa de sedimentação, um recuo da linha de costa pode vir a ocorrer e causar vários danos nas regiões costeiras. Dias & Aguiar Junior (2006) alertaram para a falta de preocupação de uma possível erosão costeira numa área em constante crescimento populacional e da infra-estrutura urbana.

#### 4.3 Resolução e Correção geométrica

Para Anders & Byrnes (1991) e Crowell et al. (1991), uma fonte de erro freqüente, é derivada da utilização de fotografias aéreas para esse tipo de interpretação, assim como os erros decorrentes da digitalização das mesmas. Quanto à digitalização, o material foi escaneado com 300 dpi, sem compressão para que não causasse perdas de qualidade radiométrica e, ocorresse comprometimento do trabalho. Após essa etapa, foram verificadas as resoluções espaciais em função do valor de dpi e escala da fotografia para confirmação da viabilidade da utilização da imagem. Em relação às distorções presentes em fotografias aéreas, segundo Loch (2000), há três possibilidades para a correção geométrica de imagens, que são utilizadas conforme a aplicação: registro, georreferenciamento e ortoretificação de imagens. No presente trabalho, a correção foi feita através do georreferenciamento, onde foram designadas coordenadas para os pixels da imagem através de um modelo de correção geométrica, onde os pontos de controle (*Ground Control Point – GCP*) eram comuns à imagem e a um mapa (a base), os quais definiram os valores de coordenadas para aqueles

pontos na imagem que assumiram a geometria e projeção da base. Tal procedimento, porém, de acordo com Pohl (1996, *in* LOCH,2000) não retifica as distorções do relevo, pois, para que isto ocorresse, seriam necessárias informações sobre altitudes terrestres.

O georreferenciamento foi suficiente para correção das distorções, pois, segundo Toutin & Cheng (2000), o método polinomial simples é um método de correção de imagens bastante descomplicado e suficiente para corrigir distorções planimétricas básicas nas proximidades dos pontos de controle. Uma vez que este método não leva em consideração a elevação do terreno, está limitado a áreas pequenas e planas. No trabalho, como se tratava de uma área reduzida sem grandes desníveis topográficos, tal procedimento, somado com a opção polinômio de primeira ordem, presente no ArcGis foram suficientes para tais correções e, portanto, para serem comparadas entre si.

Para as imagens de 1959, foram identificados 42 pontos em comum, em relação à base. Já para as fotografias de 1976, foram identificados 27 pontos. O número de pontos de controle para os georreferenciamentos das fotografias permitiu a utilização do polinômio de terceiro grau que demanda por um número mínimo de 11 pontos.

#### 4.4 Escolha do indicador para interpretação da migração da praia

Segundo o LEC (2007), a erosão não implica em destruição da praia arenosa, como o termo à primeira vista parece sugerir. Sua posição migra continente adentro durante este processo. Alguns autores (CRUZ DE OLIVEIRA et al., 2003 e DIAS, 2005) sugerem que no lugar do termo ‘erosão’, seja utilizado “recuo da linha de costa”, visto que este último traduz de maneira mais fiel o que realmente ocorre. O desaparecimento da praia acontece quando o homem interfere no processo de recuo da linha de costa, tentando estabilizar sua posição através de obras de engenharia.

Partindo dessa idéia, adotou-se, para interpretação das imagens, a divisão dos ambientes praias em: pós-praia, face de praia e antepraia. Segundo USACE (1995) e Castro et al. (1992) a pós-praia seria o setor iniciado na linha de preamar máxima até o início da vegetação (limite de ação das ondas de tempestades). Utilizando essa definição, a idéia foi verificar as mudanças no posicionamento do início da vegetação (limite interno da pós-praia – *backshore*) para constatação das tendências atuais (se retrogradantes ou progradantes).

Vários autores comentam o que deve ser demarcado (os indicadores) para comparação das fotografias aéreas para constatação do avanço do mar. Leatherman (2003) inclusive alerta para a importância não só do mapeamento de áreas sujeitas a recuos, mas também para a quantificação desses déficits para estabelecimento das faixas de segurança (*setbacks*). Para essa investigação da monitoramento das modificações no posicionamento da linha de praia é fundamental a escolha do indicador. Dentre vários podem ser citados, escarpa de praia, crista da berma, linha de vegetação (*vegetation line*), base da

duna, crista da duna, linha d'água, etc. Dias & Aguiar Júnior (2006), Ribeiro (2007) e Pereira (2008) fizeram suas interpretações baseadas na linha d'água, diferentemente do presente trabalho. Tal escolha foi feita por se achar que a variação espacial dessa linha seja menor do que a linha d'água escolhida pelos autores citados anteriormente. Esta depende do conhecimento do nível da maré na hora do vôo, da declividade da praia e caso seja usado o DGPS, deve-se ter um controle das mudanças da maré ao longo da aquisição dos dados do posicionamento da linha. Uma dificuldade durante a interpretação das imagens foi a não continuidade em alguns trechos da linha de vegetação. Esse problema foi sanado devido a diversas visitas a área, onde foi constatado que as linhas de vegetação e os topos dos cordões às vezes se confundem na praia do Perú sendo então esses substituídos na ausência daquelas (a linha de vegetação e o topo dos cordões ocupam o mesmo lugar no espaço).

#### 4.5 Precisão cartográfica

A escolha da escala cartográfica adotada para representação das modificações da linha de costa foi calculada segundo as fórmulas básicas de erro no terreno = erro gráfico x denominador de escala e denominador da escala = erro no terreno/erro gráfico presentes em Rossete e Menezes (2003), em que o erro gráfico tolerável é 0,2mm.

A escala utilizada foi a menor entre as imagens disponíveis, para que só houvesse reduções das representações. Os mapas foram feitos na escala de 1:20.000, mantendo-se a mesma escala das fotografias de 1959 e 1976, fazendo-se apenas alteração (redução) no mosaico ortofotoretificado de 2003 (com escala inicial de 1/10000).

O erro gráfico tolerado para essa escala de 1/20000 é de 4m. Como as variações dos posicionamentos da linha de vegetação passaram dos 10 metros e o registro da paleopraia dista mais de 500 metros da atual, segundo a utilização da escala gráfica não houve problema na elaboração dos mapas temáticos, sendo, portanto respeitadas as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional (CONCAR, 1984).

Em relação à paleopraia, o seu traçado foi feito paralelamente a praia atual, embora não se possa afirmar com certeza toda a sua extensão lateral pela falta de outros furos que ratifiquem a continuidade do paleoambiente. Fato, porém, que não pode ser negado está relacionado à ação das ondas, no passado, nas imediações da sondagem, bem distante do seu dinamismo atual. O nível de conchas encontrado no testemunho é caracterizado pela presença de valvas inteiras e quebradas, em contato com areias quartzosas moderadamente selecionadas. Esse registro, segundo Dias et al. (2007), foi caracterizado como um depósito de leque de sobre-lavagem (*overwash*). Como, na

atualidade, o reverso do cordão, onde ocorreria um *overwash* está a uma distância menor que quatro metros da atual linha de vegetação, a representação de ambos por uma mesma linha é aceitável para a escala de 1:20.000.

## 5. CONCLUSÃO

O trabalho mostrou a complexidade do sistema praial, devido aos fatores que influenciam nele (sistema atmosférico, transporte de sedimentos, movimentos isostáticos, etc.). Os estudos ligados ao monitoramento durante as 5 (cinco) décadas conjugados com os registros de uma 'paleopraia' mostraram que as modificações no posicionamento da praia remontam o Holoceno e que as alterações climáticas atuais continuam essas transformações. Embora o presente trabalho tenha tratado de escalas de tempo bastante diferentes, foi constatado que o posicionamento da linha de praia continua a ter como principais fatores responsáveis, as variações na sedimentação e as modificações do nível do mar. Esses fatores ganham mais importância com a ausência dos fatores tectônicos na área durante o Holoceno. O prognóstico do posicionamento da linha de praia deve ser feito com base na interpretação de fotografias ou imagens para que sejam investigadas as tendências do sentido migratório da linha de praia e acompanhados, numa escala de tempo mais reduzida, por perfis de praia que quantifiquem as perdas e ganhos de sedimentos. Esse monitoramento é extremamente necessário para o gerenciamento das áreas costeiras. O estudo mostrou a importância da busca dos indicadores geológicos como forma de se entender o comportamento passado da linha de costa e os responsáveis por sua dinâmica e a eficiência da utilização das fotografias de datas diferentes de vôo para mostrar as tendências dos seus deslocamentos. Concluiu-se que está ocorrendo um recuo da linha de costa na praia do Perú e se esse deslocamento continuar rumo ao continente, grandes prejuízos para a infra-estrutura ocorrerão.

## AGRADECIMENTOS

Aproveito esse espaço para agradecer ao Prof. Renato Ramos pela descrição do testemunho e pelas aulas de estratigrafia, ao amigo Eng. Cartógrafo Duarte pela ajuda no processamento dos dados no *Ashtech Solutions* e no trabalho de campo, ao Geógrafo Marcos Brito por toda ajuda nas sondagens e visitas a área, ao DRM pelo material fotográfico cedido, ao Prof. Alberto do LAGEMAR / UFF pelo empréstimo do testemunhador e aos amigos que ajudaram na sondagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERS, F. J. & BYRNES, M. R., (1991). Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs. **Shore and Beach**, 59, 17-26.

- BARBOSA, C. F. (1997). **Reconstituição Paleambiental de fácies lagunares com base em foraminíferos: o nível do mar no Quaternário Superior na área de Cabo Frio, RJ.** 80p. Tese (Doutorado). - Programa de Pós - Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CASTRO, J. W. A.; VALENTINI, E.; ROSMAN, P. C. C. (1992). Estudo diagnóstico do comportamento atual da linha de costa entre os rios Pacoti e Tabuba, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. **Boletim de resumos expandidos.** São Paulo. p. 27.
- CASTRO, J. W. A. (2001). **Geomorfologia do sistema sedimentar eólico de Paracuru. – Ceará.** 199p. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CASTRO, J. W. A. (2005). **Proposta de descrição de sítio geológico do Brasil para registro no patrimônio mundial da humanidade (WORLD HERITAGE COMMITTEE - UNESCO).** Disponível em: <[http://www.unb.br/ig/sigep/propostas/ReservaTaua\\_PantanoMalhada\\_RJ.htm](http://www.unb.br/ig/sigep/propostas/ReservaTaua_PantanoMalhada_RJ.htm)>. Acesso em: 4 junho 2008.
- CASTRO, J. W. A. (2006). Dunas da praia do Peró – Apa Pau Brasil – Cabo Frio / RJ: movimentação de sedimentos eólicos e problemas de soterramento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43, BG, 2006, Aracaju. **Anais do XLIII CBG.** Salvador: UFBA. 1: 24-25.
- COOPER, J. A. & PILKEY, O. H. (2004). Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun rule. **Global and Planetary Change**, 43 (3-4): 157-171.
- CONCAR, IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.(1984). Decreto n.º 89.817 de 20 de junho de 1984. **Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.** Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 11 nov. 2006.
- CPSMA – Commission on physical sciences, mathematics, and applications (1998). **Saving Cape Hatteras lighthouse from the sea: Options and policy implications.** Disponível em: <[http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=9502&page=114](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9502&page=114)>. Acesso em: 5 maio 2008.
- CROWELL, M.; LEATHERMAN, S. P., and BUCKLEY, M. K., (1991). Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. **Journal of Coastal Research**, 7: 839-852.
- CRUZ DE OLIVEIRA, S. M.; CATALÃO, J.; SOUSA, C.; E DIAS, J. A. (2003). **Aplicação de Técnicas Fotogramétricas e Ambientes SIG no Estudo do Recuo da Linha de Costa - Área do Forte Novo-Trafal, Algarve.** Disponível em: <http://www.pluridoc.com/Site/FrontOffice/default.aspx?Module=Files/FileDescription&ID=1084&lang=pt>>. Acesso em: 26 jun. 2008.
- DAVIDSON-ARNOTT, R. G. D. (2005). Conceptual Model of the Effects of Sea Level Rise on Sandy Coasts. **Journal of Coastal Research**, 21. (6): 1166-72.
- DAVIS JR., R.A. (1992). **Depositional system: An Introduction to Sedimentology and Stratigraphy.** 2ª ed.. New Jersey: Prentice Hall, 1992, 604p.
- DIAS, J. A. (2005). **Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros de entre Espinho e Nazaré.** Disponível em: [http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/EsaminAveiro/4\\_VarLCostaF2.pdf](http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/EsaminAveiro/4_VarLCostaF2.pdf)>. Acesso em: 26 maio 2008.
- DIAS, F. F. e AGUIAR JÚNIOR, J. L. (2006). **Contribuições ao gerenciamento costeiro de Cabo Frio – praia do Peró/Rio de Janeiro.** 54p. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Controle Ambiental) - CEFET-RJ., Rio de Janeiro.
- DIAS, F. F., PEREIRA, R. S., SEOANE, J. C. S. e CASTRO, J.W.A. (2007). **Utilização de imagens satélites, fotografias aéreas, MDT's e MDE no estudo de processos costeiros – Cabo Frio/RJ.** Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.20.35/doc/2007-2014.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2007.
- FOLK, R. L. (1974). **The petrology of sedimentary rocks.** Austin, Tex., Hemphill Publishing Co. 182 p.
- LEATHERMAN, S. P. (2003) Shoreline Change Mapping and Management Along the U.S. East Coast. **Journal of Coastal Research**, Flórida, part Special Issue (38): p. 5-13.
- LEC – Laboratório de Erosão Costeira (2007). **Erosão costeira.** Disponível em: <<http://www.cpgg.ufba.br/lec/BEeros.htm>>. Acesso em: 11 dez. 2007.
- LOCH, R. E. N. (2000). **Alternativa de Produção de Mapas Digitais em Escala Grande visando a Análise Temporal em SIG.** Disponível em: <[http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2000/031/031.htm](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2000/031/031.htm)>. Acesso em: 10 dez. 2007.
- PEREIRA, R. S. (2008). **Avaliação do risco geológico**

**no arco praial do Perú, Município de Cabo Frio / RJ.** 87p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós – Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RIBEIRO, G. P. (2007). **Avaliação da dinâmica do campo de dunas em Atafona, São João da Barra (RJ), como requisito para interpretação do processo de erosão costeira.** 140p. Monografia (Especialização em Geologia) – Programa de Pós- Graduação em Geologia do Quaternário, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

REIMER, P. e STUIVER, M. (2005). **Manual do Calib 5.0.** Disponível em: <<http://www.calib.qub.ac.uk/marine>>. Acesso em: 20 jan. 2007.

ROSSETE, A. C. e MENEZES, P. M. L. (2003). **Erros comuns na cartografia temática.** Disponível em: <[http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/2003/Erros\\_Cart\\_Tematica\\_2003.pdf](http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/2003/Erros_Cart_Tematica_2003.pdf)>. Acesso em: 4 dez. 2007.

SANTOS, J. H. S. (2008). **Lençóis maranhenses atuais e pretéritos: um tratamento espacial.** 221p. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós - Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SCHEEL-YBERT, R. (2000). Vegetation stability in the Southeastern Brazilian coastal area from 5500 to 1400 14C yr BP deduced from charcoal analysis. **Review of Paleobotany and palynology**, 110: 111-138.

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

SUGUIO, K., ANGULO, R. J., CARVALHO, A. M., CORRÊA, I. C. S., TOMAZELLI, L. J. E VITAL, H. (2005). Paleoníveis do Mar e Paleolinhas de Costa. In: SUGUIO et al. (Ed.) **Quaternário do Brasil.** Holos Editora, p.114-129.

TOUTIN, T. E CHENG, P. (2000). Desmistificando o IKONOS. **Revista InfoGeo**, Curitiba, ano 3, (15): 48-54.

USACE – United States Army Corps of Engineers (1995). **Coastal geology.** Disponível em:<[www.usace.army.mil/publications/eng-manuals/em1110-2-1810/toc.htm](http://www.usace.army.mil/publications/eng-manuals/em1110-2-1810/toc.htm)>. Acesso em : 5 maio 2008.