



Evolução da Linha de Praia do Perú, Cabo Frio / RJ nos Últimos 7.000 Anos
Shoreline Evolution During the Last 7,000 Years - at the Perú Beach,
Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brazil

Fábio Ferreira Dias¹; José Carlos Sícoli Seoane¹ & João Wagner Alencar Castro²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. 21.949-00.
Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Geologia / UFRJ (Doutorado)
E-mail: fabiofgeo@yahoo.com.br; cainho@geologia.ufrj.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Departamento de Geologia e Paleontologia. 20.940-090. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Laboratório de Geologia Costeira e Sedimentologia
E-mail: jwacastro@gmail.com

Recebido em: 03/03/2009 Aprovado em: 05/05/2009

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo estudar a dinâmica costeira da praia do Perú nos últimos 7.000 anos, usando como parâmetro datações no depósito de conchas, análise granulométrica, interpretação de fotografias aéreas de diferentes datas de vôo e investigações de campo que facilitassem as interpretações dos resultados encontrados e adequações na metodologia a ser empregada. Através do método de datação por ¹⁴C foi possível estabelecer a idade da paleopraia e pela disposição das cristas praias fazer a sua reconstituição. 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 3.373 – 3.000 cal A.P. 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 Perú, município de Cabo Frio - Rio de Janeiro.

Palavras chave: dinâmica costeira; datações em paleopraia; praia do Perú; Cabo Frio

Abstract

The present work aims to evaluate the coastal dynamics along the Perú beach over the last 7,000 years, using shell-midden dating, sediment granulometric analysis, aerial photography from different ages, and field investigation to aid result interpretation and provide for clues on the adaptation of the methodology employed. Paleobeach reconstruction has been made possible by a combination of ¹⁴C age-dating and the interpretation of beach ridge disposition. Aerial photography from the years of 1959, 1976, and 2003 allow the evaluation of the present short-term coastline behavior, thus establishing the position of the paleobeach in relation to the current high-tide zone. Results indicate that the paleobeach situated in the present-day coastal plain dates from 3.373 – 3.000 cal A.P. Coastline variation in the 1959 – 1976 period consists of approximately 30m of accretion on its most significant point, while in the it eroded about 30m at the central beach sector during 1976 – 2003 period. In this context, results are considered satisfactory for the understanding of sedimentation dynamics at the Perú beach, in the city of Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brazil.

Keywords: coastal dynamics; paleoshore dating; Perú beach; Cabo Frio

1 Introdução

O entendimento da dinâmica costeira no ambiente praiado é de grande importância para o planejamento urbano e ambiental das regiões litorâneas, 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. Bruun (1954, *in* CPSMA (1998), 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 segunda 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 campos de dunas. Dias *et al.* (2007) estudando o processo de erosão

costeira através de fotografias aéreas e modelos digitais do terreno na praia do Peró 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, o de Castro (2006), relacionam a formação do campo de dunas do Peró 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 para a praia. O presente trabalho tem como objetivo estudar as relações entre a dinâmica sedimentar pretérita e atual da praia do Peró (Figura 1) usando como parâmetros datações realizadas pelo método do ^{14}C em material orgânico encontrado em testemunho de sondagem e fotografias aéreas de diferentes datas de vôo, como indicadores de evolução de linha de praia.

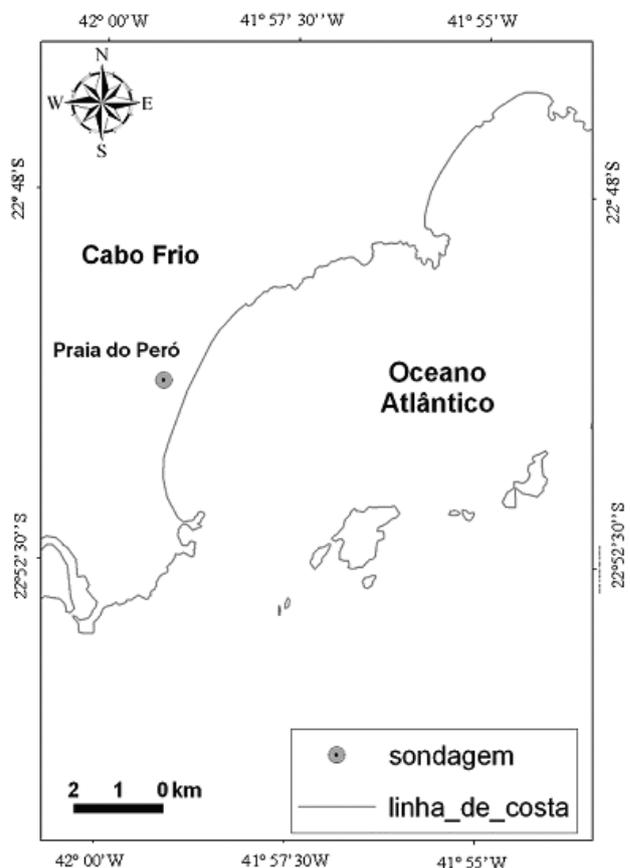


Figura 1 Localização da praia do Peró, município de Cabo Frio - Rio de Janeiro.

2 Materiais e Métodos

A metodologia utilizada neste trabalho caracterizou-se pelas seguintes etapas: coleta de subsuperfície, descrição e amostragem de testemunhos, datação por ^{14}C , georreferenciamento detalhado e interpretação de fotografias aéreas de diferentes datas de voo.

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 rastreador *GPS Promark 2* que forneceu com grande confiabilidade a latitude, longitude e altitude ortométrica após os dados serem processados no programa *Astech Solutions*. O testemunho coletado atingiu uma profundidade de 2,5m e sua análise foi baseada na cor, textura, tipos 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 o método de 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 ortoretificadas 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*. As ortofotos foram utilizadas

no georreferenciamento das demais, a partir da identificação dos pontos em comum. Essa etapa teve como objetivo também corrigir as distorções encontradas. O principal fator a ser considerado na correção geométrica de imagens é a distribuição dos pontos de controle, também denominados de pontos de amarração. Segundo Loch (2000), esses pontos devem ser em número suficiente e bem distribuídos. 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 23. 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 (Figura 2). Nessa fase foi inserido, no mosaico georreferenciado, o ponto da sondagem, e conseqüentemente realizado a reconstrução da paleopraia do Perú em uma linha aproximadamente paralela à praia atual, obedecendo à disposição dos paleocordões presentes na planície costeira.



Figura 2 Depósito eólico delimitador do início da linha de vegetação na praia do Perú / Cabo Frio.

3 Resultados

O testemunho do Perú encontra-se na latitude $22^{\circ} 50' 15,9277''$ S e longitude $41^{\circ} 59' 11,4110''$ W, a 2,41m acima do nível médio do mar em relação à altitude aferida em Imbituba (*datum* vertical). Sua base está a uma profundidade de 2,50 m e é caracterizada pela presença de um carvão em contato



Figura 3 Biválvios encontrados no testemunho do Peró a 0,80 m acima do nível médio do mar atual.

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 brasiliensis* com valvas inteiras e quebradas na profundidade de 0,80 m (Figura 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.

Foram selecionados dois níveis para datação: valvas inteiras de *Anomalocardia brasiliensis* (espécie predominante) e um pedaço de carvão, identificado, segundo Dias *et al.* (2007), como *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). Os dados referentes à localização, profundidade e idade da amostra proveniente do testemunho se encontram detalhados na Tabela 1.

Amostra	Coordenadas geográficas	Material	Prof. (m)	Idade (Anos AP)	Idade Calibrada 2σ (cal AP)	Laboratório de Referência
LAGECOST - UFRJ 01	Latitude. 22°50'15,9277" S	carvão vegetal (tronco)	2,5 m	5.910 ± 55	6348 – 6374	HRHML – Kiev
LAGECOST - UFRJ 02	Long. 41°59'11,4110" W	valvas de moluscos	0,8 m	3.350 ± 70	3.373 – 3.000	HRHML – Kiev

Tabela 1 Profundidade das amostras encontradas no testemunho do Peró com as respectivas idades calibradas.

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

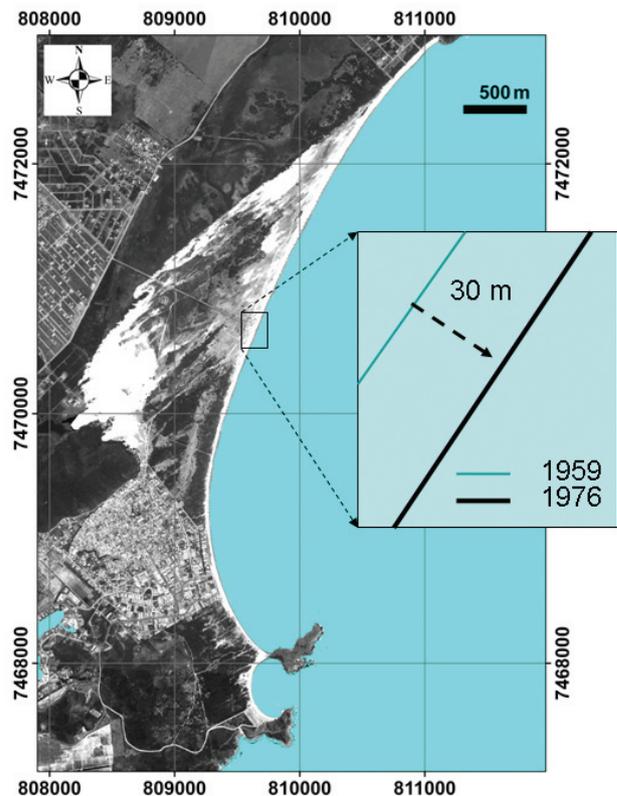


Figura 4 Modificação da linha de costa na praia do Peró entre 1959 e 1976 (detalhe no zoom).

Entre 1976 e 2003, o comportamento da linha de praia passou a assumir uma característica distinta em relação ao primeiro período investigado (1959-1976). No centro do arco praiial durante o período analisado verificou-se um recuo de linha de praia (retrogradação) de 30 m (Figura 5).

Evolução da Linha de Praia do Peró, Cabo Frio / RJ nos Últimos 7.000 Anos
Fábio Ferreira Dias; José Carlos Sicoli Seoane & João Wagner Alencar Castro

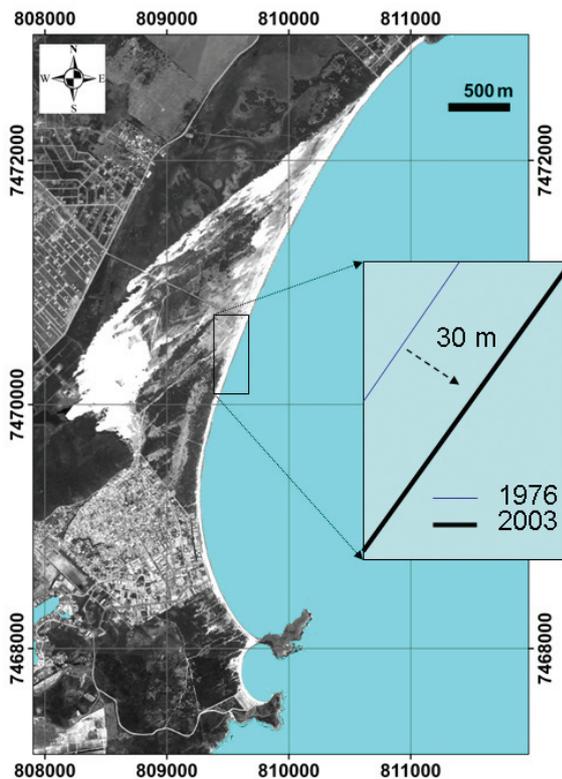


Figura 5 Comparação das linhas de praia em 1976 e 2003, mostrando deslocamento em direção ao continente.

Foram verificadas as áreas acrescidas e os recuos na faixa de praia do Peró, com base em polígonos quantificados, representando a dinâmica sedimentológica do referido ambiente entre os períodos 1959 – 1976 – 2003. As linhas demarcadas em cada uma das épocas representando o início da vegetação foram avaliadas em dois momentos: 1959 - 1976 e 1976 - 2003. Essas linhas, em suas interseções, criam polígonos que

Polígonos	erosão	acresção
1	6400,55	
2		71,73
3	286,22	
4		41390,74
5	94,83	
6		489,32
7	12	
8		750,82
9	120,91	
10		518,41
balanço	6914,51	43221,02
		+36306,51 m²

Tabela 2 Polígonos resultantes do balanço sedimentar na praia do Peró entre 1959 e 1976.

podem ser quantificados e classificados em erosivos ou acrescionais (deposicionais) de acordo com a sua disposição em relação à linha mais antiga. Os resultados encontrados na análise do primeiro período correspondente a 1959-1976 encontram-se na Tabela 2.

Os resultados da análise entre 1976 até 2003 estão presentes na Tabela 3.

Polígonos	erosão	acresção
1	582,25	
2		54,5
3	29	
4		107,39
5	227,37	
6		3139,29
7	89,95	
8		61277,52
9	449,53	
balanço	1378,1	64578,7
		-63200,6 m²

Tabela 3 Polígonos resultantes do balanço sedimentar na praia do Peró entre 1976 até 2003.

A Figura 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

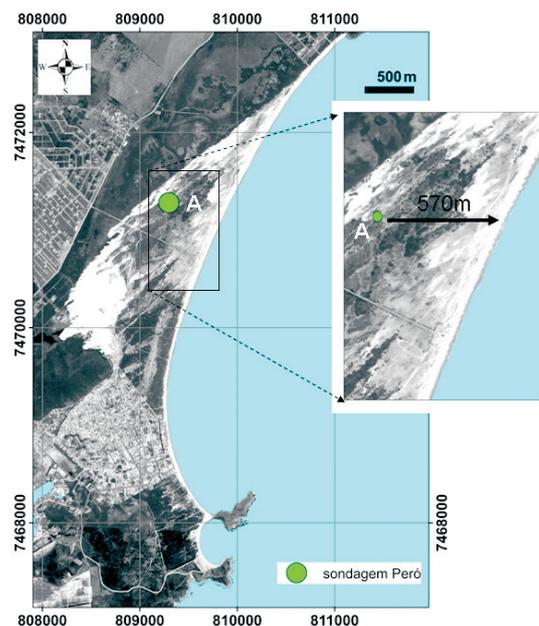


Figura 6 Relação entre o ponto de sondagem “A” e a linha de praia atual.

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 Perú ancorado por promontórios rochosos nas extremidades não tenha sofrido alterações em seu formato de 3.373 - 3.000 cal A.P. até os dias atuais, traçou-se uma linha de paleopraia para o período considerado (Figura 7).

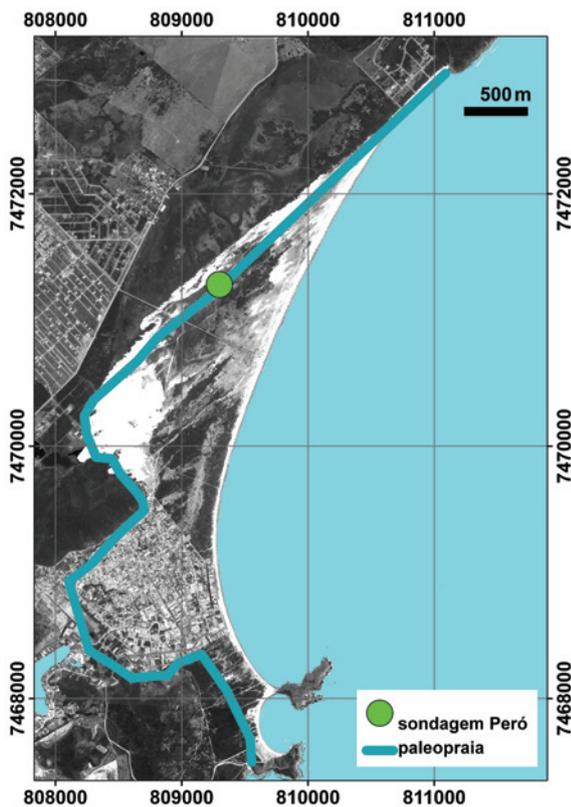


Figura 7 Linha de paleopraia traçada através da interpretação de dados de sondagens.

4 Discussões

4.1 Registros Geológicos e Interpretações Paleoambientais

Os dados obtidos em relação ao carvão carbonizado demonstraram uma idade calibrada de 6348 - 6374 cal A.P. 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 manguezais nas margens do canal de Itajuru, Cabo Frio, entre 6.190 – 5.760 anos cal A.P., 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 7.000 – 6.000 (nível do mar próximo ao zero atual), principalmente para as regiões de Santos, Cananéia - Iguape, Paranaguá e Itajaí - Laguna (Suguio, 1999).

As variações do nível do mar, na Região dos Lagos, durante o Holoceno, foram analisadas por Barbosa (1997) através das assembléias de foraminíferos. Foram encontradas posições da superfície do mar acima da atual. Castro *et al.* (2006), estudou depósito de coquina na Reserva Tauá, localizada em área adjacente ao estudo anterior. O registro foi datado entre 5.034 – 5.730 cal A.P., afirmando o autor que nesse período, o nível do mar já havia ultrapassado o atual.

No testemunho de sondagem 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. No restante do testemunho as areias apresentaram seleção boa a muito boa. 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 3.373 – 3.000 cal A.P., correspondente à idade do nível de conchas (quando ocorreu a deposição do leque no interior da planície costeira), o nível do mar deveria estar 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 (Suguio, 1999). Segundo Davies (1992), os depósitos situados à retaguarda dos cordões litorâneos são preservados com mais facilidade, entre estes, depósitos de leques de sobrelavagem, lagunares e de manguezais devido ao soterramento dos registros.

4.2 Mudanças no Posicionamento da Praia

Entre 1959 e 1976, a faixa de areia apresentou um engordamento de aproximadamente 30 m no ponto mais expressivo. O deslocamento final 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 máximo da linha de costa de 30 m no centro do arco, que somados a outros trechos, configurou uma fase erosiva no período entre 1976 e 2003. Esse déficit no balanço sedimentar pode ter sido causado por uma série de fatores, dentre esses, uma maior incidência de ressacas e a ação dos ventos de nordeste com maior poder de remobilização de sedimentos em direção ao continente (Figura 8).

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 Peró, não só na atualidade, mas também ao longo do Holoceno. Segundo Dias *et al.* (2007), o registro de leque de sobrelavagem (*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



Figura 8 Sedimentos saem da praia e são carreados para a planície costeira formando as dunas (segundo Dias *et al.*, 2007).

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 ganha importância. Nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, segundo o mesmo autor, os movimentos tectônicos não apresentaram grande influência no Holoceno. Já o aquecimento global e consequentemente, 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 das áreas costeiras. Segundo Molion (2007), a Terra entrará numa fase glacial, existindo, inclusive, a possibilidade de um ligeiro rebaixamento do nível dos oceanos (com um recuo da linha de praia?). Segundo o autor, como a última glaciação ocorreu há 15 mil anos e os períodos interglaciais são normalmente de 12 mil anos, talvez o planeta já estivesse vivendo um período glacial. Para outros pesquisadores, dentre esses Rosman, 2007, seus estudos envolvendo o aquecimento global, levaram em consideração os seus efeitos negativos nas praias do Rio de Janeiro, como reflexo da subida do nível do mar. Esses autores assumiram que de acordo com aumento das concentrações de CO₂, o nível do mar continuará a subir, trazendo problemas para muitas regiões costeiras (Suguio, 1999, IPCC, 2001 *in* CSIRO, 2008). Caso a subida do nível do mar continue, seguida 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 em Cabo Frio, uma 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, quando não são levadas em consideração suas distorções, assim como os erros decorrentes da digitalização das mesmas. Quanto à digitalização, o material foi escaneado com resolução de 300 dpi, sem compressão para que não se perdesse a resolução e, ocorresse o 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 ortorretificação 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, no entanto, 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 transformação polinomial, presente no *Arc Gis* 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 devem ter um mínimo de 11 pontos.

4.4 Escolha do Indicador para Interpretação da Migração da Praia

Segundo o CPGG (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; Dias, 2005) sugerem que no lugar do termo ‘erosão’, seja utilizado “recoo 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 recoo da linha de costa, tentando estabilizar a posição da linha de costa 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 a investigação do 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 (2006) e Pereira (2008) fizeram suas interpretações baseadas na linha d’água, diferentemente do presente trabalho. O indicador adotado apresenta variação espacial menor do que a linha d’água, escolhida pelos autores citados anteriormente. Esta depende do conhecimento do nível da maré na hora do voo, 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 Peró sendo então esses substituídos na ausência daquelas.

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 ($= 0,2x$ denominador da escala) e Denominador da escala ($= \text{distância do terreno} / \text{erro gráfico}$) presentes em Rossete & Menezes (2003).

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 ortofotoretilhado 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 outras sondagens 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 sobrelavagem (*overwash*). Como atualmente o reverso do cordão se encontra a 4 (quatro) metros da linha de vegetação e o processo de sobrelavagem se encontra nesse domínio, a representação de ambos por uma mesma linha é aceitável para a escala de 1:20.000.

5 Conclusões

Os estudos relacionados à dinâmica costeira em escalas de longo e curto prazo demonstraram que alterações ambientais na área estudada vêm

ocorrendo ao longo do Holoceno. No período de longo prazo, o principal responsável por essas alterações foi a variação do nível do mar, enquanto, em curto prazo foi a dinâmica litorânea e eólica. As avaliações das modificações no posicionamento da linha de praia foram realizadas com base na interpretação de fotografias aéreas para que fossem determinadas as tendências na movimentação da linha de praia em diferentes escalas de tempo. Numa escala de tempo ainda mais reduzida (anual) os perfis de praia quantificam perdas e ganhos de sedimentos, influenciando assim, no balanço sedimentar. Ressalta-se a importância desse tipo de estudo para o gerenciamento de áreas costeiras a serem urbanizadas. Através desse trabalho constatou-se que no período entre 1959 e 1976 ocorreu um aumento da faixa de praia em torno de 36306,51m² e no período entre 1976 e 2003 registrou-se um recuo da linha de praia de 63200,6 m². Os valores obtidos demonstram que na praia estudada ocorreram períodos deposicionais seguidos de períodos erosionais. Os indicadores pretéritos identificados através de conchas de moluscos e carvão vegetal foram muito importantes para o entendimento da dinâmica costeira local uma vez que o posicionamento dos mesmos se encontra a 570 m da linha de costa atual demonstrando uma progradação de linha de costa.

7 Agradecimentos

Ao professor Renato Rodriguez Cabral Ramos pela descrição do testemunho. Ao engenheiro cartógrafo José Duarte pelo apoio no processamento dos dados no *Astech Solutions* e no trabalho de campo. Aos geógrafos Marcos Brito e Rodrigo Pereira pela ajuda no campo. Ao professor Alberto Figueiredo (LAGEMAR/UFF) pelo empréstimo do testemunhador. Ao CNPq pela bolsa concedida.

8 Referências

- 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 Paleoambiental de Fácies Lagunares com Base em Foraminíferos: o Nível do Mar no Quaternário Superior na Área de Cabo Frio, RJ*. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 80p.
- 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, São Paulo. *Resumos expandidos*, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 27.
- Castro, J.W.A. 2001. *Geomorfologia do Sistema Sedimentar Eólico de Paracuru-Ceará*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 199p.
- Castro, J.W.A.; Senra, M.C.E. & Ramos, R.R.C. 2006. Coquinas da Paleolaguna da Reserva Tauá – Pântano da Malhada, RJ – Um Registro do Optimum Climático Holocênico. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E.T.; CAMPOS, D.A.; SOUZA, C.R.G.; FERNANDES, A.C.S. (Eds.). *Sítios Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 13/09/2006 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio004/sitio004.pdf>.
- 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, Aracaju. *Anais*, Aracaju, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 24-25.
- CSIRO. 2006. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. 2008. Sea Level Rise: Understanding the past – Improving Projections for the Future. Disponível em: < http://www.cmar.csiro.au/sealevel/sl_proj_21st.html >. Acesso em: 20 out. 2008.
- CONCAR, IBGE. 2006. 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.
- Cooper, J.W.G. & 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.
- CPSMA. 2008. Commission on Physical Sciences, Mathematics and Applications. 1998. *Saving*

- Cape Hateras Lighthouse from the Sea: Options and Policy Implications*. Disponível em: < http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9502&page=114>. Acesso em: 5 maio 2008.
- CPGG. 2007. *Erosão costeira*. Disponível em:< <http://www.cpgg.ufba.br/lec/BEeros.htm>>. Acesso em: 11 dez. 2007.
- Crowell, M.; Leatherman, S.P., & 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. & 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.
- Davis, R.A Jr. 1992. The Barrier Island System. In: DAVIS JR, R.A. (Ed.), 2ª ed. *Depositional System: An Introduction to Sedimentology and Stratigraphy*. New Jersey: Prentice Hall, p. 342-404.
- 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.
- Dias, F.F. & Aguiar Júnior, J.L.C. 2006. *Contribuições ao Gerenciamento Costeiro de Cabo Frio – Praia do Peró/Rio de Janeiro*. Curso Superior de Tecnologia em Controle Ambiental, CEFET-RJ, Trabalho de Conclusão de Curso, 54p.
- Dias, F.F.; Pereira, R.S.; Seoane, J.C.S. & 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.
- Dias, F. F.; Castro, J.W.A.; Ramos, R.R.C.; Carvalho, M.A.; Seoane, J.C.S. & Scheel-Ybert, R. 2007. **Resultados Preliminares acerca da Evolução Holocênica da Região do Pântano da Malhada, Cabo Frio (Armação de Búzios, RJ)**. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO - ABEQUA, 11, Belém, 2007. *Anais*. 1 CD-ROM.
- Dias, J.A. 2005. *Estudo sintético d e diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros de entre Espinho e Nazaré*. Disponível em: http://w3.ualg.pt/~jldias/JAD/ebooks/EsaminAveiro/4_VarLCostaF2.pdf>. Acesso em: 26 maio 2008.
- 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: 5-13.
- 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 >. Acesso em: 10 dez. 2007.
- Molion, L.C.B. 2007. *Aquecimento Global é Terrorismo Climático*. Disponível em: <<http://terra.com.br/istoe/edicoes/1967/artigo55150-1.htm>>. Acesso em: 20 out. 2008.
- Pereira, R.S. 2008. *Avaliação do Risco Geológico no Arco Praial do Peró, Município de Cabo Frio / RJ*. Programa de Pós – Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 87p.
- Reimer, P. & Stuiver, M. 2005. *Manual do Calib 5.0*. Disponível em: <<http://www.calib.qub.ac.uk/marine>>. Acesso em: 20 jan. 2007.
- Ribeiro, G.P. 2006. *Avaliação da dinâmica do campo de dunas em Atafona, São João da Barra (RJ), como requisito para interpretação do processo de erosão costeira*. Programa de Pós- Graduação em Geologia do Quaternário, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia (Especialização em Geologia do Quaternário), 140p.
- Rosman. P.C.C. 2007. **Rio de Janeiro submerso?** Disponível em:< <http://cienciahoje.uol.com.br/94976>>. Acesso em: 28 out. 2008.
- Rossete, A.C. & 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 >. Acesso em: 4 dez. 2007.
- Santos, J.H.S. 2008. *Lençóis maranhenses atuais e pretéritos: um tratamento espacial*. Programa de Pós - Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 221p.

- 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. & Vital, H. 2005. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. *In: QUATERNÁRIO DO BRASIL*. Ribeirão Preto: Holos Editora, p.114-129.
- Toutin, T. & Cheng, P. 2000. Desmistificando o IKONOS. *Revista InfoGeo*, Curitiba, 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>. Acesso em : 5 maio 2008.