

## **MAPEAMENTO CARTOGRÁFICO E GEOMORFOLÓGICO DA EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE EROSÃO COSTEIRA EM ATAFONA E GRUSSAÍ, SÃO JOÃO DA BARRA (RJ)**

**Ricardo Alvares dos Santos<sup>3</sup>, Gilberto Pessanha Ribeiro<sup>1</sup>, Alberto Garcia Figueiredo Jr.<sup>2</sup>, Carlos Henrique Oliveira da Rocha<sup>1</sup>, Cleverson Guizan Silva<sup>2</sup>, Suzana Hinds Ferreira da Silva<sup>2</sup>, Priscila Silva da Costa Moreira<sup>2</sup>, Maurício de Souza Dias Guimarães<sup>2</sup>, Aline Paraná Pereira<sup>3</sup>, Anderson Gomes de Almeida<sup>3</sup>, Bruno Garbéro Pinna<sup>3</sup>, Cintia Faria de Sousa<sup>3</sup>, Corbiniano Silva<sup>3</sup>, Sérgio Cadena de Vasconcelos<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ**  
**Faculdade de Engenharia – Departamento de Engenharia Cartográfica**  
Rua São Francisco Xavier, 524 – Sala 4020B – Maracanã – Rio de Janeiro – RJ – CEP: 20.550-900  
gilberto@vm.uff.br, carloshor@cidadeinternet.com.br

**<sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense - UFF**  
**Instituto de Geociências – Departamento de Geologia – Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR)**  
Av. Litorânea, s/nº – Campus Praia Vermelha – Boa Viagem - Niterói – RJ – CEP: 24.210-340  
pessanha@igeo.uff.br, alberto@igeo.uff.br, cleverson@igeo.uff.br, suzannahinds@igeo.uff.br, priscila@igeo.uff.br, mauricio@igeo.uff.br

**<sup>3</sup>Universidade Federal Fluminense - UFF**  
**Instituto de Geociências – Curso de Graduação em Geografia**  
Av. Litorânea, s/nº – Campus Praia Vermelha – Boa Viagem - Niterói – RJ – CEP: 24.210-340  
ricardo@igeo.uff.br, alineparana@hotmail.com, andleao@igeo.uff.br, brunopinna@ig.com.br, cintia\_faria\_sousa@yahoo.com.br, corbi@cidadeinternet.com.br, sergio@igeo.uff.br

### **RESUMO**

O trabalho consiste na apresentação preliminar dos resultados obtidos no processo de mapeamento cartográfico destinado à avaliação da erosão costeira observada na praia de Atafona, município de São João da Barra - RJ, como requisito para o monitoramento espaço-temporal do fenômeno. Tem-se o registro que desde 1975 há erosão na parte sul da foz do rio Paraíba do Sul, onde já foram destruídas até hoje 183 construções, distribuídas em 14 quadras e a população local, em função de perdas imobiliárias tem sido diretamente afetada com o fenômeno. Tal trabalho é desdobramento de projeto de pesquisa na área de Oceanografia Geológica, financiado pelo CNPq. Foram utilizadas fontes variadas de dados cartográficos que compõem um acervo de imagens de satélites do sistema SPOT e do sistema LANDSAT7 ETM+ para as seguintes datas de aquisição: 14/07/1997, 29/08/1999 e 17/07/2001. Estão sendo utilizadas também fotografias aéreas para as seguintes épocas: 1954, 1957, 1964, 1966, 1974, 1976 e 2000. A dinâmica da falésia<sup>1</sup> está sendo monitorada por meio de posicionamento geodésico da linha d'água através do sistema GPS, tendo como apoio computacional o sistema SPRING4.0, para a geração de um banco de dados espaciais, onde estão sendo produzidos mapas temáticos digitais indicativos de aspectos de configuração espacial da erosão.

**Palavras chaves:** Cartografia, Oceanografia, Geologia, Atafona, Geografia.

<sup>1</sup> Escarpa originada pela erosão marinha e que se encontra ainda sob a influência das ondas.

## ABSTRACT

This paper consists in a preliminary presentation of results obtained from cartographic mapping process with the aim to make an assessment of coastal erosion observed in Atafona beach, in São João da Barra district – RJ, as a requirement to make a spatial and temporal monitoring of this phenomenon. There are records that indicate erosion since 1975 in the south part of the mouth of Paraíba do Sul River. So far 183 buildings have already been destroyed, distributed in 14 blocks. The resident population have been directly affected by the erosion process with real estates losses. This work is an unfolding of a research project in the area of Geological Oceanography supported by CNPq. Several cartographic data sources that compose a satellite image collection of SPOT system and LANDSAT7 ETM+ system were used for the following dates of purchase: 14/07/1997, 29/08/1999 and 17/07/2001. Aerial photographs are being used as well of following dates: 1954, 1957, 1964, 1966, 1974, 1976 e 2000. The beach escarpment dynamics are being monitored by GPS system to locate points and the SPRING4.0 system to generate a spatial database, where digital thematic maps that indicate spatial configuration of erosion are being produced.

**Key words:** Cartography, Oceanography, Geology, Atafona, Geography.

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista que nas últimas décadas as questões de impactos ambientais têm proporcionado discussões na imprensa mundial e nos estudos sobre o meio ambiente e a sua dinâmica, devido a sua importância política, econômica e social para a sociedade. É pertinente ressaltar que a preocupação de planejar e monitorar a ocupação e o uso do espaço costeiro é relativamente recente no Brasil. A interferência direta ou indireta no balanço de sedimentos costeiros e do avanço da urbanização sobre áreas que deveriam ser preservadas vem mostrar o quanto que é distante o caminho entre intenção e realização, a fim de que se possa cessar os constantes problemas e perdas resultantes dessa interferência. Em busca de uma análise da dinâmica costeira e da interferência antrópica no ambiente litorâneo, está sendo desenvolvido o presente trabalho de pesquisa, com suporte do CNPq, que está diretamente relacionado ao monitoramento da erosão costeira ativa - retrogradação<sup>2</sup> - observada desde antes de 1960, na parte sul da foz do rio Paraíba do Sul, localizada no município de São João da Barra (RJ). Os fatores que estão causando a erosão ainda estão sendo discutidos pela comunidade científica, sendo mais importantes os seguintes: regime de ondas e ventos; contenção de sedimentos nos barramentos ao longo do rio Paraíba do Sul; diminuição relativa da vazão do rio e sua descarga no Oceano Atlântico; crescente assoreamento do rio em seu baixo curso. , Dados cartográficos foram reunidos e, desta forma, está sendo constituído um acervo que tornou possível a geração de um banco de dados espaciais com suporte do sistema SPRING4.0. Serão descritas as etapas na produção de mapas temáticos digitais, onde a linhas d'água, a falésia erosiva e sua dinâmica tornaram-se objetos importantes na interpretação do fenômeno, do ponto de vista espacial, oceanográfico, geológico e geográfico. Relatos na imprensa escrita (JORNAL FOLHA DA MANHÃ, 2003) (JORNAL O GLOBO, 2004) despertam a curiosidade da

<sup>2</sup> Mecanismo de recuo da linha costeira, continente adentro, normalmente pela ação de ondas e correntes litorâneas, que erodem parte dos sedimentos aportados (SUGUIO, 1992).

população local em geral e, ao mesmo tempo, afligem os proprietários das construções na frente erosiva. Experiências bem sucedidas serviram de referência para o presente trabalho no uso de tecnologias de geoprocessamento relativas ao monitoramento de eventos e objetos litorâneos (KRUEGER, 2002) (REBÊLO, 2002).

## **2. CARACTERÍSTICAS GERAIS GEOGRÁFICAS DO DELTA DO RIO PARAÍBA DO SUL**

A figura 1 a seguir apresenta a localização da sede do município de São João da Barra (RJ) e a praia de Atafona, na parte meridional da foz do Rio Paraíba do Sul. Foi utilizada imagem do sistema SPOT como pano de fundo.



Fig. 1 – Indicação da sede do município de São João da Barra e da praia de Atafona.

O complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul é formado por uma série de deltas geológicos e geneticamente relacionados, que fazem parte da porção superficial emersa da Bacia do Paraíba do Sul, com uma superfície de 20.000 km<sup>2</sup> e é limitada ao Norte pelo Arco de São João del-Rei (Dias e Gorini, 1980; Dias, 1981).

Partindo da premissa, que para se analisar aspectos da dinâmica do delta do rio Paraíba do Sul, faz-se necessário o conhecimento dos principais aspectos geomorfológicos desta região. Como foi interpretado por DIAS e GORINI (1980), a planície de cristas de praia ao Sul do rio Paraíba do Sul apresenta uma série de sistemas de discordâncias. Com base nos mapas de DIAS e GORINI(1980), foi feita uma nova interpretação por BASTOS (1997), sendo reconhecidos 9 sistemas, apresentados na figura 2, ao invés dos 7 propostos anteriormente pelos autores.

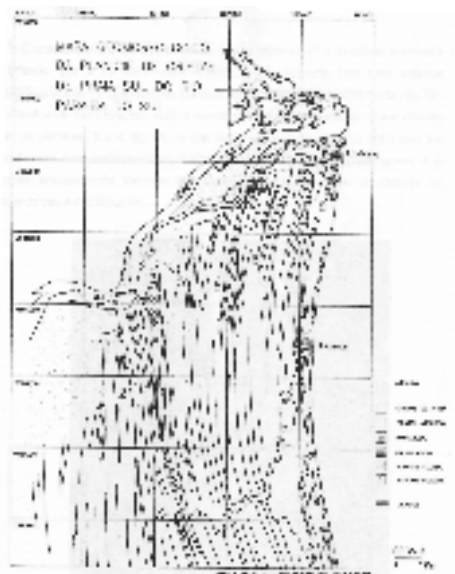


Fig. 2 – Mapa da planície de cristas de praia ao sul do rio Paraíba do Sul, baseado em fotos aéreas DRM (1976), na escala 1:20.000.



Fig. 3 – Fotografia aérea panorâmica do pontal de Atafona – época: 1974.



Fig. 4 – Fotografia aérea panorâmica do Pontal de Atafona – época: 08/05/2003.



Fig. 5 – Fotografia aérea panorâmica do Pontal de Atafona – época: 02/05/2004.

As imagens aéreas apresentadas nas figuras 3, 4 e 5 mostram nitidamente as distintas configurações espaciais da linha de costa para épocas diferentes. A figura 3 possui como pano de fundo uma fotografia aérea panorâmica da época de 1974. Nela há a indicação aproximada da frente erosiva ativa (linha contínua) e da linha d'água (linha tracejada) para o ano de 2003. Este trabalho apresentará o resultado inicial da quantificação da erosão ativa onde já foram destruídas até hoje 183 construções, distribuídas em 14 quadras. A população local, em função de perdas imobiliárias tem sido diretamente afetada com o fenômeno de forma dramática e descoberta, até então, de fundamentação científica mais aprofundada. A partir da análise morfológica das feições litorâneas contidas nas figuras 4 e 5 no pontal de Atafona pode-se confirmar a real dinâmica da linha de costa em seu desenho, configurando diferentes traçados ao longo de, aproximadamente, um ano (período de tempo decorrido entre 8 de maio de 2003 e 2 de maio de 2004).

A partir dessas fotografias aéreas panorâmicas, pode-se constatar, apesar de não terem sido tomadas exatamente com o mesmo centro de perspectiva, a fragilidade na configuração espacial da linha d'água, o que nos induz afirmar que muito possivelmente não deveriam ter sido ocupadas pelo homem. Tal ocupação trouxe prejuízo para a vida marinha e ribeirinha local, uma vez que, por exemplo, a área de mangue encontra-se expressivamente reduzida, quando comparadas com aquela área de mangue fotografada em 1974 (figura 2).

A figura 6 a seguir ilustra, num recorte espacial específico, uma imagem final como resultado da composição colorida utilizando imagens de satélites referentes às bandas 3, 4 e 5 do sistema LANDSAT7 ETM+, onde foram a elas atribuídas as cores azul, verde e vermelho, respectivamente. A aquisição dessas imagens se deu pelo sistema em 29/08/1999. Nitidamente pode ser verificada a existência de antigas cristas de praias que atualmente encontram-se na planície deltaica do rio Paraíba do Sul. A erosão que hoje ocorre em Atafona é considerada mais uma dentre outras já ocorridas no passado geológico, durante a formação da área continental correspondente à região de restinga, de forma aproximada, mesmo antes da ocupação humana na região.

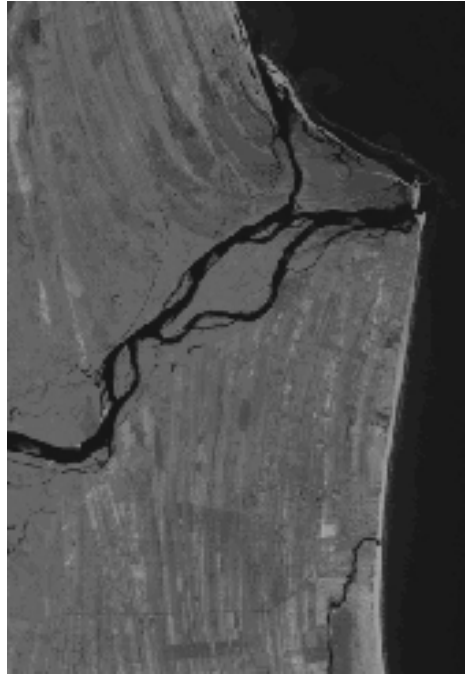


Fig. 6 – Composição colorida com bandas 345 do sistema LANDSAT7 ETM+.

A evolução da ocupação humana em Atafona pode ser analisada no gráfico (figura 7) a seguir, tendo como referência a população residente nos últimos anos. Fonte: Anuários da Fundação CIDE.

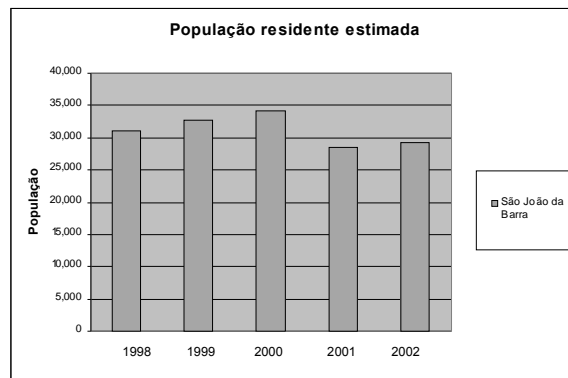


Fig. 7 – Gráfico de barras indicativo da população residente do município de São João da Barra (RJ) nos anos indicados.

Este trabalho tratará de aspectos da erosão ativa na zona costeira de um município que possui as principais atividades econômicas: pesca, artesanato, indústria de bebidas e turismo. A população residente que se fixava no pontal de Atafona nas últimas décadas foi aquela diretamente e intensamente afetada com o fenômeno em curso.

### **3. CARTOGRAFIA COMO INSTRUMENTO PARA ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS COSTEIROS.**

A avaliação do processo de erosão requer a restauração gráfica (mapas digitais) das áreas costeiras erodidas em épocas passadas com o propósito de executar comparação com o cenário atual. Para tanto, dados cartográficos pretéritos foram obtidos de fontes diversas. Foi executado, também um voo em fevereiro de 2004 com objetivo de geração de mosaico

fotográfico cobrindo uma região de aproximadamente 14 quilômetros quadrados.

Imagens do sistema orbital LANDSAT7ETM+ foram utilizadas para mapeamento regional na escala de 1/25.000, onde foi possível identificar a área de influência da erosão e associar evidências de que, na formação do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, durante o período do Quaternário (2.000 a 3.000 mil anos atrás), tal fenômeno já ocorreu no passado geológico. Uma das evidências é a existência de dunas ,sobre os cordões arenosos(registro de antigas praias) na planície costeira identificáveis nas imagens de satélites. Pesquisas geológicas estão sendo executadas com a intenção de analisar, para aquelas épocas, quando iniciou e quanto tempo o fenômeno durou, para poder fazer , uma estimativa do que ocorre hoje em Atafona. É considerado difícil estabelecer esses parâmetros do ponto de vista geológico, mas sondagens geológicas serão executadas em antigas áreas erosivas da praia para se obter material datável por Carbono 14 e termoluminescência .

Dados ambientais (velocidade e direção do vento, regime de ondas, descarga do rio e maregrafia) serão acoplados aos mapas temáticos com o propósito de correlacionar esses aspectos aos padrões estruturais dos objetos de interesse relativos à mobilidade da linha de costa (desenho da linha de costa, comportamento do engordamento e do estreitamento de faixas de praia, comportamento da falésia, e por fim, distribuição espacial das dunas lá encontradas).

Foi instalado, de forma ainda precária, um ponto de leitura de maré na margem do rio Paraíba do Sul para que seja possível registrar o nível d'água durante as medidas da posição da linha d'água na praia.

Foi estabelecida uma escala de tempo associada a dados cartográficos disponíveis da região (Tabela 1).

TABELA 1 – ESCALA DE TEMPO E DADOS CARTOGRÁFICOS DISPONÍVEIS (IMAGENS)

DATA	DESCRIÇÃO DOS DADOS CARTOGRÁFICOS	ESCALA
2004	Mosaico fotográfico não métrico	1/1.000
2001	Imagens do sistema LANDSAT7 ETM+ <sup>3</sup>	-
2000	Fotografias aéreas métricas	1/8.000 e 1/30.000
1999	Imagens do sistema LANDSAT7 ETM+ <sup>4</sup>	-
1997	Imagens do sistema LANDSAT5 <sup>5</sup>	-
1976	Fotografias aéreas métricas	1/20.000
1974	Fotografias aéreas métricas	1/30.000
1966	Fotografias aéreas métricas	1/30.000
1964	Fotografias aéreas métricas	1/60.000
1954	Fotografias aéreas métricas	1/30.000

Os trabalhos iniciais, já concluídos, referem-se ao processo cartográfico de medição de área erodida, tendo como épocas 1954, 1964, 1974, 1976 e 2004. O projeto de pesquisa possui atividades de mapeamento sistemático de feições litorâneas importantes para análises geológicas na planície deltaica do rio Paraíba do Sul. Outras experiências de levantamento de feições deste tipo, por métodos geodésicos, mostra a real possibilidade e a necessidade de monitoramento, em séries temporais, de objetos importantes para o entendimento e a compreensão dos seus comportamentos evolutivos, em função da dinâmica costeira, associados a dados oceanográficos (LIMA, 2002).

<sup>3</sup> Imagens cedidas pela UFF.

<sup>4</sup> Imagens cedidas pelo CEFET/Campos.

<sup>5</sup> Imagens cedidas pela Fundação IBGE.

#### **4. RESULTADOS DOS LEVANTAMENTOS DE LOCAÇÃO DE PONTOS COM O SISTEMA GPS**

O foco deste trabalho está centrado nos processos cartográficos de produção de mapas temáticos digitais. Levantamentos de campo foram executados com uso do Global Positioning System (GPS) de posicionamento terrestre e foi gerado um banco de dados espaciais contendo informações relevantes para avaliar a erosão, provenientes de fontes variadas e com formatos diferentes.

Fotografias aéreas métricas na escala de 1/30.000 (ano 1954), 1/60.000 (ano 1964), 1/30.000 (ano 1974), 1/20.000 (ano 1976) e 1/8.000 (ano 2000) serviram de referência para localização da linha de costa e da falésia medidas em janeiro de 2004. Foi possível quantificar com precisão a área erodida e estabelecer parâmetros de referência para os próximos dados espaciais (posicionais) a serem medidos nos próximos 2 anos.

Foram utilizados rastreadores GPSmap76S e dois rastreadores de uma frequência Reliance - Ashtech - para operação no modo relativo (ASHTECH, 1997) (SANTOS, 2000). Foram feitos levantamentos estáticos e cinemáticos (MONICO, 2000), com taxa de coleta de 2 s e ângulo de elevação de 10°, no método estático a ocupação das estações foi de pelo menos 1h. Ao final foram obtidas as coordenadas geodésicas de estações implantadas à, aproximadamente, 14 km de distância da estação denominada Degredo, localizado em Cajueiro, distrito de São João da Barra (RJ). As coordenadas desta estação (Latitude = 21° 42' 58,64595" S; Longitude = 41° 06' 27,11195" W; Altitude Elipsoidal = 10,5635m) foram estabelecidas no sistema SAD-69, tendo como referência a estação 91889 da Rede GPS Estadual RJ-IBGE. Os parâmetros de translação utilizados para transformação do sistema geodésico WGS-84 para o sistema SAD-69 - IBGE foram:  $\Delta x = -66,87\text{m}$ ;  $\Delta y = 4,37\text{m}$  e  $\Delta z = -38,52\text{m}$ . Os resultados alcançados no pós-processamento, como produto de ajustamento, tendo por injeção as coordenadas geodésicas da estação Degredo, foram os seguintes, considerando o referencial geodésico SAD-69-IBGE:

TABELA 2 – COORDENADAS GEODÉSICAS DAS ESTAÇÕES EM ATAFONA E GRUSSAÍ

Estação	Latitude (S)	Longitude (W)
NSPenha	21°37'19,20936"	41°01'00,62377"
Julinho	21°37'22,21120"	41°00'48,65741"
Meireles	21°37'38,75738"	41°00'51,14786"
Caixa D'Água	21°37'47,73624"	41°00'53,70670"
Bombeiros	21°38'39,88573"	41°01'01,50144"
Casa Futurista	21°39'27,63513"	41°01'10,27588"
Relógio de Sol	21°41'43,34171"	41°01'28,68222"

Foram determinadas também coordenadas destas estações com o rastreador Garmin GPSmap76S, no modo posicionamento isolado.




--	--	--

TABELA 3 – COORDENADAS UTM DAS ESTAÇÕES EM ATAFONA E GRUSSAÍ

Estação	Leste (m)	Norte (m)
NSPenha	291.240,520	7.607.648,569
Julinho	291.585,880	7.607.560,700
Meireles	291.520,850	7.607.050,830
Bombeiros	291.247,498	7.605.166,731
Casa Futurista	291.014,283	7.603.694,732
Relógio de Sol	290.539,533	7.599.513,628

Foram executados levantamentos com DGPS nos métodos estático e cinemático, estabelecendo neste último caso, no final dos trabalhos, um conjunto total de estações com coordenadas determinadas, sendo que na primeira campanha de campo (18/01 e 19/01) foram ocupadas 8.638 estações, e na segunda campanha (14/02, 15/02 e 16/02) foram ocupadas 12.588 estações. A próxima tabela apresenta esses quantitativos com mais detalhes.

TABELA 4: VETORES PROCESSADOS NO DGPS CINEMÁTICO

DATA	NÚMERO TOTAL DE VETORES	NÚMERO DE VETORES VÁLIDOS	NÚMERO DE VETORES REJEITADOS
18/01	3.556	3.556	0
19/01	5.596	5.082	514
14/02	2.417	2.397	20
15/02	6.435	5.624	811
16/02	4.567	4.567	0

Com a utilização da técnica de levantamento relativo cinemático foi possível estabelecer o posicionamento espacial das linhas de praia, das falésias e das bermas em um trecho de praia de aproximadamente 7,5 km. Essa tarefa está sendo executada mensalmente, para as mesmas épocas do mês e aproximadamente no mesmo horário e se repetirá durante os próximos 2 anos, consistindo no caminhar, de um dos membros da equipe de autores, sobre as feições a serem levantadas. Desta forma está sendo possível determinar, de forma preliminar, a dinâmica da erosão ativa. Será possível avaliar a velocidade de avanço do mar na direção do continente na região com base nos dados documentados nos últimos anos. BASTOS 1997 afirmou com base na datação dos ciclos erosivos e deposicionais (2.500 anos) e na taxa de recuo da linha de praia em Atafona de 7,5m/ano, observada entre 1976 e 1996, propõem-se valores estimados a cerca dos períodos de erosão e deposição dos sistemas de cristas de praia. O mesmo autor estimou para a praia de Grussaí uma taxa de progradação (deslocamento/recuo da linha de praia na direção do oceano) de 2,6m/ano. Naquela ocasião houve dificuldades de se datar as cristas de praia, o que não permitiu a determinação dos intervalos de tempo correspondentes aos períodos erosivos e deposicionais.

TABELA 5 – VETORES PROCESSADOS

ESTAÇÕES BASE-ROVER	DISTÂNCIAS (m)
Degredo-NSPenha	14.039,402

Degredo-Julinho	14.204,292
Degredo-Meireles	13.787,581
NSPenha-Bombeiros	2.480,213
NSPenha-Casa Futurista	3.958,228
NSPenha-Relógio de Sol	8.162,304

TABELA 6 – PRECISÃO RELATIVA DA REDE DE PONTOS OCUPADOS

ESTAÇÕES : BASE-ROVER	HORIZONTAL	VERTICAL
Degredo-NSPenha	1/1.276.309	1/701.970
Degredo-Julinho	1/789.127	1/789.127
Degredo-Meireles	1/1.531.593	1/626.708
NSPenha-Bombeiros	1/620.053	1/620.053
NSPenha-Casa Futurista	1/791.645	1/565.461
NSPenha-Relógio de Sol	1/116.043	1/627.869

Foram utilizados os sistemas computacionais "Ashtech Processor" e "Ashtech Solutions" para o pós-processamento dos dados e geração dos relatórios finais (ASHTECH, 1997).

Foi constatado em (IBGE, 2003) a existência de um marco geodésico (estação planimétrica) estabelecido pela Fundação IBGE em 1965, denominado "São João da Barra", com código identificador 8396. Tal estação, localizada em frente ao cemitério da cidade de São João da Barra, encontrava-se destruída, sem condições de ocupação.

## **5. RESULTADOS NO AMBIENTE DO SISTEMA SPRING4.0**

Foram obtidos resultados significativos que permitiram quantificar preliminarmente, para épocas distintas, a evolução da erosão na praia de Atafona, e também foi possível avaliar o engordamento da praia de Grussaí, uma vez que a deriva de sedimentos, é predominantemente no sentido norte-sul. Além do engordamento da praia, restos de material de construção levados ao longo da praia de Atafona em direção a Grussaí corroboram com esta direção de transporte litorâneo. As próximas atividades a serem iniciadas serão os trabalhos ,geologia ,

### **5.1 Imagens – arquivos raster**

Foram utilizadas imagens de satélites dos sistemas orbitais SPOT e LANDSAT7 ETM+ e fotografias aéreas para épocas variadas. Tais imagens estão servindo de apoio à associação do fenômeno local da erosão ao contexto regional, isto é, estão sendo feitas

pesquisas em cordões arenosos identificáveis no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, que foram cristas de praias no período do Quaternário. O registro das imagens foi realizado com suporte de pontos levantados no campo, com rastreadores de satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e também através de pontos provenientes da carta topográfica produzida pela Fundação CIDE (Governo do Estado do Rio de Janeiro) na escala de 1/100.000. Idem para a carta topográfica digital, na escala de 1/50.000, produzida pela Fundação IBGE. A partir dessas imagens está sendo possível executar a classificação de uso e de cobertura do solo (FLORENZANO, 2002) (MENESES, 2001), tendo como referência sistemas classificatórios propostos pela Fundação IBGE (IBGE, 1999) e pela própria Fundação CIDE.

○

## 5.2 Arquivos vetoriais

Arquivos vetoriais foram gerados com uso do sistema TrackMaker, a partir dos arquivos resultantes dos levantamentos de campo com rastreamento dos satélites GPS. Foram criados arquivos individuais intermediários no formato DXF possíveis de serem importados no SPRING4.0, já devidamente georreferenciados. No contexto deste SIG foi gerado um banco de dados onde as seguintes categorias foram criadas, com o propósito de armazenamento de dados estruturados em níveis hierárquicos temporais:

- Linhas d'Água
  - 17/01/2004
  - ; 18/01/2004;
  - 19/01/2004
- Falésias
  - 17/01/2004;
  - 18/01/2004;
  - 19/01/2004
- Bermas<sup>6</sup>
  - 18/01/2004;
  - 19/01/2004
- Áreas Erodidas
  - 1954-2000;
  - 1964-2000;
  - 1974-2000;
  - 1976-2000;
  - 1974-2004;
  - 1976-2004

## 5.3 Mapas Digitais

Mapas digitais foram produzidos no ambiente do sistema SPRING4.0 onde foi possível identificar, para períodos de tempo distintos, as áreas diretamente envolvidas com

<sup>6</sup> Terraço formado acima do limite dos fluxos da maré alta. É construída principalmente durante as ressacas, sendo que, quanto maior for a tempestade, mais alto e distinto se apresenta.

a erosão marinha. Do ponto de vista histórico, os seguintes fatos ocorreram e foram publicados em jornais locais (AZEVEDO, 2004):

- 1975: destruição de algumas casas na Ilha da Convivência
- 1976: desabamentos de casas no pontal de Atafona
- 1977: destruição de 2 casas
- 1978: foi observado recuo do mar
- 1981: o mar recua uns 600m
- 1990: registro de mais destruições imobiliárias
- 1991: Capela Nossa Senhora dos Navegantes destruída pelo mar

Relatos de pessoas no local comprovam a ocorrência de tais eventos (VIEIRA, 2004) (NORONHA(a), 2004). Há registros também importantes sobre as transformações físico-ambientais na região afetada pela erosão (NORONHA(b), 2004).

Para geração dos mapas digitais foi utilizado o banco de dados que continha informações componentes do acervo cartográfico já descrito.

Como resultados da quantificação necessária para as análises geológicas, geomorfológicas costeiras e oceanográficas, são apresentadas nas próximas figuras as áreas erodidas e deposicionais para algumas épocas importantes no processo evolutivo da costa, numa extensão total de, aproximadamente, 7,5 km. Todas as figuras possuem algumas feições vetoriais (corpos d'água e sistema viário) provenientes da base cartográfica da Fundação CIDE na escala 1/100.000, geradas a partir de imagens LANDSAT5 adquiridas em 03/07/1993 e 20/06/1994. Trata-se de dados cartográficos do Projeto GEROE (Grupo Executivo Para Recuperação e Obras de Emergência – Projeto Reconstrução Rio) (CIDE, 1995). O Sistema Geodésico da base está estabelecido como Córrego Alegre (MG), e no banco de dados no SPRING4.0 foi adotado o referencial geodésico SAD-69-IBGE. Portanto, transformações entre os sistemas geodésicos foram feitas no sentido de adoção de um único sistema: SAD-69-IBGE.

As figuras 8 e 9 apresentam recortes de fotografia aérea na escala de 1/30.000 para o ano de 1954 e de carta digital vetorial, onde se observa em destaque a área erodida na zona costeira, quando comparada com a feição vetorial da linha de praia, demarcada com o sistema GPS pela equipe do projeto em janeiro de 2004. A área continental correspondente à perda devido à erosão ativa, entre estas épocas, foi medida e determinada como sendo de 752.032,796875 km<sup>2</sup>. O perímetro do polígono considerado neste cálculo foi de 9.170,754373 m. Foi possível, para esse intervalo de tempo determinar a área progradada<sup>7</sup> de 425.950,281250 m<sup>2</sup>. Para este cálculo foi utilizado um polígono com 9.827,268933 m de perímetro, que se localiza na parte sul do trecho de praia entre Atafona e Grussaí.

As figuras 10 e 11, apresentam recortes de fotografia aérea na escala de 1/60.000, esta para o ano de 1964 e de carta digital vetorial, onde observa-se em destaque a área erodida na zona costeira. A área continental correspondente à perda devido à erosão ativa, entre estas épocas, foi medida e determinada como sendo de 1.063.161,281250 m<sup>2</sup>.

As figuras 12 e 13 apresentam recortes de fotografia aérea na escala de 1/30.000 para o ano de 1974 e de carta digital vetorial, onde observa-se em destaque a área erodida na zona costeira, quando comparada com a feição vetorial da linha da falésia, demarcada com o sistema GPS pela equipe do projeto em janeiro de 2004. A área continental correspondente à perda devido à erosão ativa, entre estas épocas, foi medida e determinada como sendo de 410.193,187500 m<sup>2</sup>.

As figuras 14 e 15 apresentam recortes de fotografia aérea na escala de 1/20.000 para o ano de 1976 e de carta digital vetorial, onde observa-se a área erodida na zona costeira, quando comparada com a feição vetorial da linha da falésia, demarcada com o sistema GPS pela equipe do projeto em janeiro de 2004. A área continental correspondente

<sup>7</sup> Avanço da linha de praia em direção ao mar devido acréscimo de sedimento à praia.

à perda devido à erosão ativa, entre estas épocas, foi medida e determinada como sendo de 432.827,312500 m<sup>2</sup>.

Para todos os casos não foram considerados aspectos de variação local de marés . Sabe-se, portanto, que os limites dos polígonos delimitadores das áreas referem-se às linhas d'água para os períodos de tempo estudados.

TABELA 7 – ÁREAS ERODIDAS PARA AS ÉPOCAS ESTUDADAS

ÉPOCAS	ÁREAS ERODIDAS (m <sup>2</sup> )
1976-2004	432.827,312500
1974-2004	410.193,187500
1964-2004	1.063.161,281250
1954-2004	752.032,796875

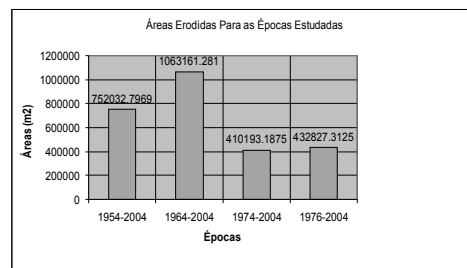


Fig. 16 – Gráfico representativo da erosão costeira absoluta estimada em m<sup>2</sup> para as épocas estudadas

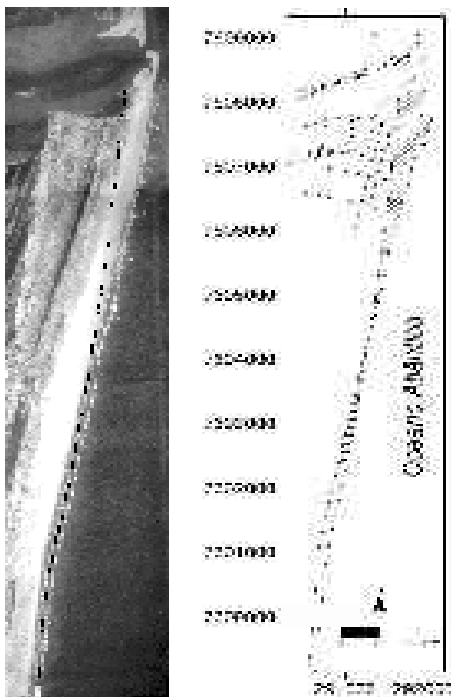


Fig. 8 e 9 – Área erodida entre 1954/2004

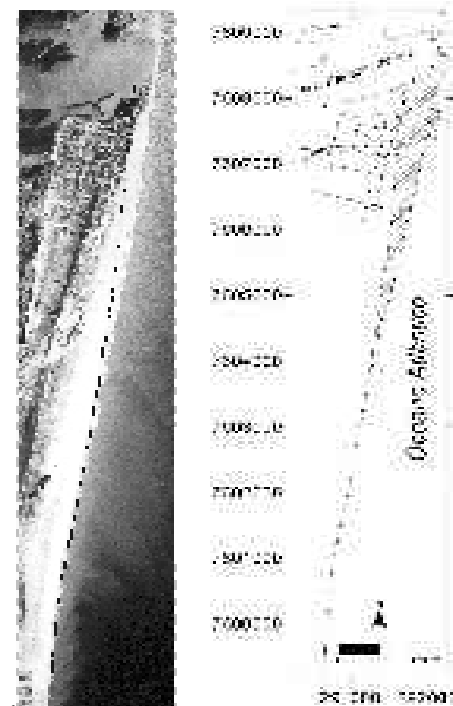


Fig. 10 e 11 – Área erodida entre 1974/2004.

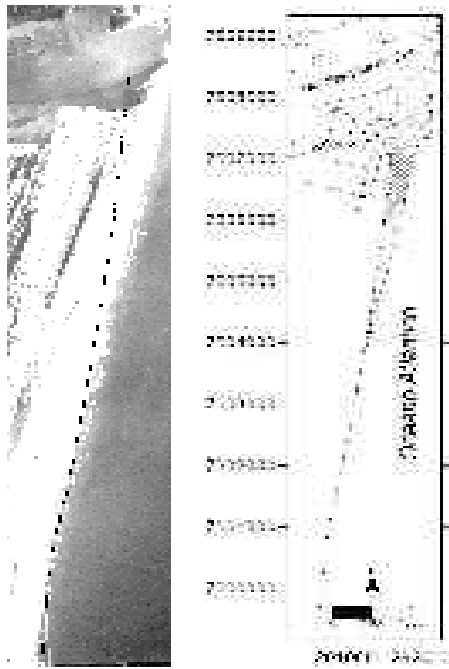


Fig. 12 e 13 – Área erodida entre 1964/2004.

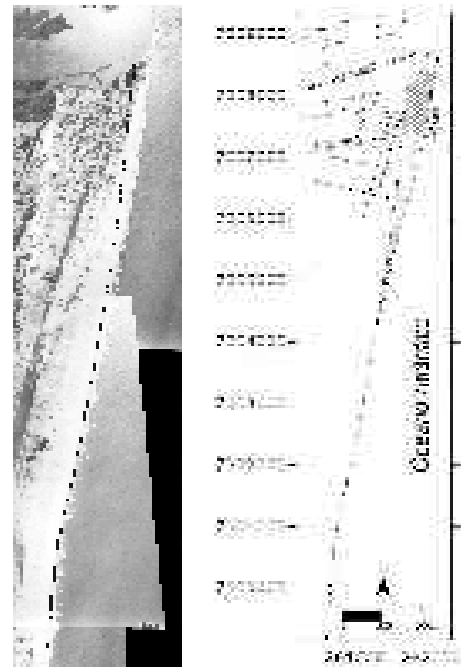


Fig. 14 e 15 – Área erodida entre 1976/2004.

23  
45

67

89

Nas figuras anteriores podemos visualizar à esquerda um recorte de fotografia aérea do ano indicado e um mapa simplificado com linha tracejada representando a atual linha de praia. No mapa a área erodida está indicada com hachuras inclinadas e a área acrescida em hachuras horizontais.

A partir de relatos de (BASTOS, 1997) a taxa de retrogradação associada à erosão foi estimada naquela ocasião como de 7,5 m/ano, tendo como referências dados de 1976 (fotografia aérea) e 1996 (linha de frente de erosão determinada com GPS), compreendendo um período de 20 anos, sem dados discretos medidos dentro deste período. A atual pesquisa em breve apontará uma taxa estimada como resultado da análise para os períodos de 1954-2004, 1964-2004, 1974-2004 e 1976-2004.

Importante ressaltar que as fotografias aéreas (Tabela 1) dessas épocas permitiram, em escalas diferentes e relativamente pequenas calcular esses valores estimados de taxa de retrogradação. Há erros associados a esses cálculos, que devem ser conhecidos no sentido de garantir a dispersão (desvio-padrão) dos valores calculados, os estudos sobre estes erros fazem parte de uma outra etapa do trabalho.

## 6. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

A experiência com o projeto está permitindo gerar e gerenciar um banco de dados espaciais, com caráter institucional, que tem dado suporte às análises geográficas e

geológicas vinculadas à erosão marinha, através de consultas e atualizações em suas bases de dados. O sistema SPRING4.0 se mostrou uma ferramenta poderosa e convidativa no tratamento de dados de imagens e também na geração de mapas digitais. Está sendo esperado que nos próximos meses haja condições de estabelecer um ambiente computacional único para consultas eventuais de usuários, onde também sejam incorporados dados vetoriais relativos a modelos numéricos de terreno. Outra atividade prevista é o tratamento cartográfico ao lote de fotografias aéreas tiradas em fevereiro de 2004, compondo assim um acervo significativo de dados de imagens que possam ser prontamente utilizadas em análises das feições geomorfológicas e de objetos de interesse específico para, por exemplo, datação geológica. Do ponto de vista cartográfico estão sendo gradativamente produzidos mapas digitais temporais que procuram dar subsídios a especialistas nas áreas de Geologia, Oceanografia e Geografia, uma vez que além de aspectos da erosão, há outros importantes que já se tornaram temas de pesquisa em desdobramentos referentes a trabalhos de final de curso de graduação em Geografia (UFF) e Geologia (UERJ), como: (a) mapeamento cartográfico de aspectos de áreas de preservação permanente (manguezal e restinga); (b) análise geomorfológica de zona costeira próxima à foz do rio Paraíba do Sul; (c) perdas imobiliárias e seus aspectos sócio-econômicos; (d) registro fotográfico de construções em áreas de alto risco; (e) processo histórico de urbanização em Atafona e Grussaí; (f) mapeamento preciso de áreas de risco ambiental; (g) mapeamento de dados ambientais vinculados ao monitoramento dos danos ambientais provocados pelo acidente ocorrido em março/2003 nas instalações da Indústria Cataguases de Papéis Ltda. (MG); (h) Correlação da distribuição da concentração de minerais radioativos com o processo de erosão costeira na área de estudo; (i) análise de fatos histórico-culturais e religiosos com o cotidiano local, onde a erosão está atuante em etapas de transformações sociais. O próprio IBAMA-Campos dos Goytacazes possui um Grupo de Ações Emergenciais Para Avaliação do Acidente Ambiental de Cataguases, ocorrido em março de 2003, e a zona costeira do norte-fluminense já é posto de pesquisas técnicas sobre os poluentes lá depositados e associações técnicas com as investigações criminais em curso. O projeto pretende, em curto período de tempo, se envolver com escolas municipais no sentido de oferecer mapas digitais impressos aos professores de Geografia, observado que é precário o uso de documentos cartográficos da região. A comunidade local está receptiva diante da interferência da universidade pública e seu conhecimento científico, principalmente no embasamento teórico para compreensão do processo erosivo (FOLHA DA MANHÃ, 2004).

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ASHTECH, INC. **Reliance Workabout Manual de Operação de Campo**, 1997.
- AZEVEDO, M. V. H. **Comunicação Oral**, 18/01/2004.
- BASTOS, A. C. **Análise Morfodinâmica e Caracterização dos Processos Erosivos ao Longo do Litoral Norte-Fluminense, entre Cabiúnas e Atafona**, Dissertação de mestrado em Geologia e Geofísica Marinha, UFF, 1997.
- ASSAD, E. D. & SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas – Aplicações na Agricultura**, EMBRAPA, 1998.
- CIDE, F. **Base Cartográfica**, GEROE – Grupo Executivo Para Recuperação e Obras de Emergência – Projeto Reconstrução Rio, escala 1/100.000, 1995.

- DUARTE, O. O. **Dicionário Enciclopédico Inglês-Português de Geofísica e Geologia**, Sociedade Brasileira de Geofísica, 1997.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélites Para Estudos Ambientais**, Ed. Oficina de Textos, 2002.
- FRIEDMANN, R. M. P. **Fundamentos de Orientação - Cartografia e Navegação Terrestre**, Probooks Editora, 2004.
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs.) **Geomorfologia. Uma Atualização de Bases e Conceitos** Ed. Bertrand Brasil, 1998.
- IBGE **Banco de Dados Geodésicos – Estações Planimétricas**, Departamento de Geodésia, Projeto Base de Dados do Sistema Geodésico Brasileiro, p. 33, 2003.
- IBGE **Manual Técnico de Uso da Terra**, Manuais Técnicos em Geociências No. 7, 1999.
- IBGE **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**, 2002.
- JORNAL FOLHA DA MANHÃ **Erosão marítima em Atafona será estudada**, edição de 12/11/2003.
- JORNAL FOLHA DA MANHÃ **Mapeamento em Atafona**, edição de 05/03/2004.
- JORNAL O GLOBO **Mar de Atafona ameaça prédio da PM e caixa d'água que abastece veranistas**, edição de 27/01/2004.
- KRUEGER, C. P.; CENTENO, J. A.; MITSHITA, E. A.; VEIGA, L. A. K.; FILHO, C. A. Z.; JUBANSKI, J. J. & URAKAWA, M. J. **Determinação da linha de costa na região de Matinhos (PR) através de diferentes métodos** Anais do Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente, SP 9-13 de julho de 2002, p. 206-211, 2002.
- LIMA, O. P.; PHILIPS, J. & CORDINI, J. **Localização geodésica da linha da preamar média de 1831 – LPM/1831, com vistas à demarcação dos terrenos de marinha e seus acrecidos** COBRAC'2002 Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC, 2002.
- MENESES, P. R. & NETTO, J. S. M. **Sensoriamento Remoto – reflectância dos alvos naturais**, Ed. UNB, 2001.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS – Descrição, fundamentos e aplicações**, Ed. UNESP, 2000.
- NETO, A. A. S. **Aspectos Históricos das Lagoas do Norte do Estado do Rio de Janeiro**, In: Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ), Núcleo de Pesquisas Ecológicas – NUPEM, UFRJ, Ed. Francisco de Assis Esteves, 1998.



- NETO, A. A. S. **Aspectos Históricos das Restingas da Eco-Região Norte do Estado do Rio de Janeiro – Brasil**, In: Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras, Núcleo de Pesquisas Ecológicas – NUPEM, UFRJ, Ed. Francisco de Assis Esteves, Luiz Drude de Lacerda, 2000.
- NETO, J. A. B.; PONZI, V. R. A. & SICHEL, S. E. (orgs.) **Introdução à Geologia Marinha**, Editora Interciência, 2004.
- NORONHA(a), J. **Comunicação Oral**, 15/02/2004.
- NORONHA(b), J. **Uma Dama Chamada Atafona**, Cultura Goitacá, 2004.
- REBÊLO, L. P.; BRITO, P. O. & MONTEIRO, J. H. **Monitoring the Cresmina dune evolution (Portugal) using differential GPS** Journal of Coastal Research, Special Issue 26, Northern Ireland, 2002.
- SANTOS, C. C. C.; AZEVEDO, J. B. & SANTOS, R. B. S. **Levantamento Cinemático Utilizando o Rastreador de Satélites Reliance (Ashtech)**, UERJ, 2000.
- SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Marinha** T.A. Queiroz Editora, 1992.
- VIEIRA, J. **Comunicação Oral**, 15/02/2004.

## **8. OUTRAS OBRAS CONSULTADAS**

- ARGENTO, M. S. F. **The Paraíba do Sul Retrogradation and the Atafona Environment Impact** in Costlines of Brazil, 267-277.
- ALVES, A. L. R. **Levantamento das Características Geomorfológicas de Atafona** Departamento de Geografia - Trabalho de Final de Curso Geografia - UFRJ, 2001.

## **9. AGRADECIMENTOS**

Os autores deste trabalho inicialmente agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro à pesquisa Projeto do Edital Universal CNPq Proc. 473808/2003-0. A Universidade Federal Fluminense e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro pelo apoio à iniciativa dos coordenadores. Os autores agradecem a colaboração da Arquiteta Urbanista Márcia Viana Hissa Azevedo, mestranda em Gestão de Cidades e Planejamento Urbano pela Universidade Candido Mendes de Campos dos Goytacazes (RJ), pelo seu empenho em informar sobre os registros históricos da erosão, coletados junto aos jornais locais “Monitor Campista” e “Folha da Manhã”. Os autores também agradecem ao escritor e poeta Jair Mendes pelo acesso ao rico material fotográfico histórico sobre Atafona. Agradecimentos são feitos também ao jornalista João Noronha, autor do livro “A Dama de Atafona” pelas longas conversas e ótimas entrevistas concedidas às alunas Aline Paraná Pereira e Cintia

Faria de Sousa sobre o processo de urbanização e questões sociais envolvidas com a ocupação humana na foz do delta, como contribuições para analisar os efeitos do fenômeno da erosão em Atafona e arredores. Agradecem os autores ao Prof. Dr. Aristides Arthur Soffiati Neto (UFF-Instituto de Regionalização e Ciências da Sociedade-Campos dos Goytacazes) pelas pesquisas e relatos formidáveis sobre aspectos ambientais do norte-fluminense, também sendo utilizados na pesquisa (NETO, 1998) (NETO, 2000). Agradecem os autores ao Engenheiro Cartógrafo Cláudio João Barreto pelo empenho na cessão de dados cartográficos, muito importantes para o georreferenciamento de algumas imagens digitais utilizadas. Agradecimentos são feitos também ao Gerente Executivo do IBAMA-RJ, Sr. Edson Bedin de Azeredo, pela autorização para execução do projeto na zona costeira e planície deltaica do rio Paraíba do Sul. Agradecemos também à Bióloga Rosa Maria Wekid Castello Branco, chefe do IBAMA-Campos dos Goytacazes (RJ), e à Socióloga Maria de Lourdes Anunciação pelos relatos nas alterações ecológicas recentes nas áreas de restinga (dunas) e mangues na foz do rio Paraíba do Sul. Desta forma os autores acreditam que, com essas valiosas parcerias locais, está sendo possível direcionar melhor o uso das tecnologias de geoprocessamento e analisar aspectos geológicos importantes, em benefício do interesse coletivo e responder a algumas perguntas a respeito do como poderá ser o comportamento do processo erosivo nos próximos anos. Notícias sobre a pesquisa associada a esse trabalho podem ser acessadas na Internet em: [www.uff.br/ascom/fotos/teste/atafona01.htm](http://www.uff.br/ascom/fotos/teste/atafona01.htm). Este endereço é administrado pelo Núcleo de Comunicação Social da Universidade Federal Fluminense.