

MORFOLOGIA E DINÂMICA DA PRAIA ENTRE ATAFONA E GRUSSAÍ, LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

FERNANDEZ, G.B.¹

¹Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física (LAGEF), Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR), Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. e-mail: guilherme@igeo.uff.br

ROCHA, T.B.²

²Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física (LAGEF). e-mail: thaisitc@gmail.com

PEREIRA, T.G.³

³Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física (LAGEF). e-mail: thiago_pereira@igeo.uff.br

FIGUEREDO JR. A.G.⁴

⁴Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR) Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. e-mail: alberto@igeo.uff.br

RESUMO

O estudo sistemático das praias nas praias entre Atafona e Grussaí tem como objetivo fundamental contribuir para a avaliação dos processos erosivos e deposicionais ocorridos nas últimas décadas. Outro elemento importante que norteia este trabalho é verificar as principais fontes de sedimentos para a formação da praia em questão, a partir do mapeamento da cobertura sedimentar próxima. Nesta parte do litoral do estado do Rio de Janeiro é notoriamente marcado por feições francamente dominadas por ondas. Particularmente as cristas de praia são dominantes na paisagem costeira do norte fluminense, seja numa seqüência mais recente holocênica associada a atual desembocadura do rio Paraíba do Sul, como também nas formações associadas em tempos mais pretéritos (Pleistoceno) em áreas que não são mais diretamente associadas a desembocadura fluvial do Paraíba. Para o estudo da morfodinâmica de praias foram analisados dados topobatimétricos e parâmetros tradicionais, associados a ondas e sedimentos confrontados com dados morfológicos. A sedimentação da antepraia foi feita a bordo de embarcação e sedimentos coletados em perfis transversais e longitudinais a costa. As amostras foram especializadas a partir de dados visuais. Os resultados mostraram que as variações morfológicas intensas identificadas ao longo da zona submarina dos perfis de praia, sugerem que o transporte litorâneo ao longo da praia, seja mais importante que o transporte transversal, uma vez que a estabilidade relativa das bermas mostra que bancos de areia formados na zona de surfe não são incorporados ao perfil emerso. O mapeamento das lamas próximas a praia mostra que a plataforma não é a fonte dos sedimentos para a praia, nem o rio efetivamente. A fonte é uma estreita faixa arenosa estabelecida ao longo da zona de surfe até a batimétrica de 5 metros, que por transporte litorâneo supre de areia a zona costeira da área.

Palavras chave: morfodinâmica de praias; antepraia; erosão costeira.

INTRODUÇÃO

O litoral do estado do Rio de Janeiro é notoriamente um litoral que apresenta feições francamente dominadas por ondas. De fato o que se nota é a predominância de ambientes costeiros associados a tais forçantes, como por exemplo cordões litorâneos e lagunas no reverso, pontais arenosos associados a desembocaduras fluviais e planícies cristas de praia. Particularmente as cristas de praia são dominantes na paisagem costeira do norte fluminense, seja numa seqüência mais recente holocênica associada a atual desembocadura do rio Paraíba do Sul, como também nas formações associadas em tempos

mais pretéritos (Pleistoceno) em áreas que não são mais diretamente associadas a desembocadura fluvial do Paraíba (DIAS *et al.*, 1981; DOMINGUEZ *et al.* 1981; entre outros).

Desta forma pode-se afirmar que as características morfológicas da linha de costa estão associadas a feições típicas regressivas, isto é com tendência de progradação em função ao recuo relativo do nível do mar nos últimos cinco milhares de anos. Recentemente porém, foi verificado que a linha de costa apresentou modificações sutis em seu alinhamento (DIAS *et al.*, 1981; DOMINGUEZ *et al.*, 1993; BASTOS, 1997 entre outros). Este realinhamento provocou certa retrogradação junto à foz do rio e uma gradual progradação em áreas mais ao sul da desembocadura, que SANTOS *et al.* (2005) a partir de fotografias aéreas históricas entre 1954 e 2000, retrataram muito bem identificando as taxas erosivas e progradação recentes. Especialmente na área onde houve retrogradação se estabelece a cidade de Atafona, que foi severamente atingida por estes processos, criando uma situação emergencial no sentido de estudos de entendimento da morfodinâmica costeira atual, especificamente em relação à praia.

Desta forma o que é interessante notar é que quando a costa entra num continuado processo erosivo, mostrando de fato uma tendência, o estudo da morfodinâmica das praias pode ser um dos elementos que podem contribuir para o entendimento da evolução da erosão ou mesmo sugerir tendências futuras do desenvolvimento do fenômeno. Uma vez entendido a alternância ou tendência da linha de costa a partir da morfodinâmica, pode se propor em última análise cuidados especiais para o uso e ocupação da franja costeira, uma vez que não raro, estas modificações colocam em risco ou mesmo destroem benfeitorias construídas no litoral.

Desta forma o estudo sistemático das praias nas praias de Atafona e Grussaí tem como objetivo fundamental contribuir para a avaliação dos processos erosivos e deposicionais ocorridos nas últimas décadas. Outro elemento importante que norteia este trabalho é verificar as principais fontes de sedimentos para a formação da praia em questão, a partir do mapeamento da cobertura sedimentar próxima.

ÁREA DE ESTUDO E HISTÓRICO DA EROSIÃO COSTEIRA EM ATAFONA

O litoral norte do estado do Rio de Janeiro é marcado por uma extensa planície costeira quaternária associada ao rio Paraíba do Sul (Fig. 1). Os processos evolutivos que desencadearam as principais transformações morfológicas foram apresentados entre outros trabalhos por DIAS E GORINI , 1980; DIAS E GORINI, 1981; DOMINGUEZ *et al.* 1981;

MARTIN *et al* 1984; SILVA, 1987; BASTOS, 1997. Apesar de algumas considerações discordantes em relação à evolução da área, em todos os trabalhos é consenso que o atual sistema de cristas de praia associadas à desembocadura do rio Paraíba do Sul foi formado numa situação regressiva do nível relativo do nível do mar, formando um ambiente progradante da linha de costa nos últimos 5000 anos.

O modelo proposto por DOMINGUEZ *et al.* (1983) e MARTIN *et al* (1984) para processo de formação das cristas de praia sugere uma forte inter-relação entre a hidrodinâmica fluvial e a costeira. Os autores afirmam que a foz do rio atuaria como um molhe hidráulico, que quando mais ativo atuaria na retenção de sedimentos transportados por deriva litorânea com sentido sul-norte permitindo o crescimento da planície ao sul da foz. A observação de discordâncias no alinhamento das cristas estaria relacionada a ciclos de cheia e estiagem no regime fluvial, que também seriam responsáveis pela formação de diversos degraus na margem do rio, com tendência a progradação na direção nordeste. Desta forma o processo atual erosivo verificado na foz seria um elemento que marcaria uma futura discordância no alinhamento de cristas, no contínuo processo progradante da planície.

DIAS (1981) relaciona uma série de fatores para explicar os intensos processos erosivos recentes tais como: mudanças na orientação do curso fluvial, diminuição do aporte de sedimentos na zona costeira adjacente e inversão do sentido inverso ao padrão de NE das ondas. Desta forma foram definidas sucessivas fases de progradação e erosão da foz através de um efêmero pontal arenoso que cria as condições morfológicas para diversas fases erosivas e deposicionais, que no entanto tiveram como resultante o recuo da linha de costa entre 1956 e 1979 de cerca de 100 metros nos vinte últimos anos do estudo (DIAS & GORINI, 1980; DIAS, 1981).

DIAS *et al.* (1984) apresenta um modelo que propõe a partir da sedimentação junto à foz onde seriam formados bancos arenosos, que proporcionariam efeito de fundo sobre as cristas de ondas, a partir de refração, funcionando de forma a inverter o sentido da deriva. Este fenômeno seria responsável pelo desenvolvimento assimétrico da planície. O modelo proposto pelos autores foi feito por para ondas de NE, que teriam um caráter construtivo em relação ao efeito erosivo de ondas do quadrante sul.

Os trabalhos da década de 80 tiveram como grande mérito apresentar de maneira consistente os qualitativos processos de evolução da planície costeira, porém na década de 90 dados quantitativos vem contribuir para os estudos da erosão na área de estudo. CASSAR & NEVES (1993) apresentam dados de transporte litorâneo para toda a planície

do Paraíba do Sul, que associado ao regime hidrológico do rio foi suficiente para COSTA (1994) sugerir um modelo morfodinâmico para foz. A partir destes dados eventos de cheias excepcionais teriam efeito de induzir processos erosivos junto à foz nos meses de verão e posterior recuperação nos meses de inverno devido a maior participação de ondas do quadrante sul e menor atividade hidráulica do rio (COSTA, 1994).

BASTOS (1997) a partir de dados morfodinâmicos de praia na localidade de Atafona verificou esta apresentou um alto índice de mobilidade de praia neste ponto, que provavelmente refletiriam uma convergência de ortogonais neste ponto que se refletiria num processo erosivo.

Mais recentemente MUEHE (2004) sugere que os processos erosivos em Atafona estejam relacionados ao recobrimento recente de lamas oriundo da foz sobre areias que abasteceriam as praias de sedimentos. O autor desta forma estabelece que haveria um aprisionamento do estoque de areias na zona submarina adjacente, por sedimentos fins de origem fluvial, que impossibilitados de suprir de sedimentos o prisma praial ativo na antepraia.



Fig 1. Localização da área de estudo, onde se observa o sistema de cristas de praia holocênico formado junto a foz do rio Paraíba do Sul. Em destaque os setores para a dinâmica de praias.

METODOLOGIA

Com o objetivo de se representar a morfodinâmica praial da área de estudo foram definidos 10 pontos de monitoramento posicionados de forma a representar os três setores

morfologicamente distintos em relação aos processos morfodinâmicos visivelmente estabelecidos (Fig.1). O primeiro setor se distingue por estar diretamente associado à dinâmica do pontal arenoso junto a desembocadura fluvial. No pontal foram monitorados três perfis transversais. O segundo setor foi definido pela identificação de feições erosivas associadas à formação de campos de dunas no topo das cristas arenosas, onde também foram marcados três pontos de monitoramento. Por último o setor onde nas últimas décadas se identificou processo de progradação da costa, sendo necessários mais quatro pontos de monitoramento.

Para os levantamentos topobatimétricos transversais as praias foram realizadas campanhas de levantamentos, com periodicidade mensal desde abril de 2005 até maio de 2006. Para obtenção destes perfis foram utilizados métodos tradicionais de topografia, isto é, com auxílio de nível e mira. O prolongamento dos perfis em direção a zona submarina foi possível por mergulhador que conduz a mira na zona submarina. As medidas de distância necessárias para o acoplamento batimétrico com o perfil emerso foram realizadas por estadimetria. O estabelecimento das cotas altimétricas de referência de nível de cada perfil foram ajustadas ao nível médio do mar para São João da Barra, ponto mais próximo da área de estudo seguindo orientações publicadas por MUEHE *et al.*(2003).

A determinação paramétrica do estado morfodinâmico da praia foi feita a partir da equação proposta por MUEHE (1998) que se expressa por:

$$\Delta = \frac{(\text{sen}\beta \cdot D_{\text{espr}}) / H_b}{T_{\text{espr}} / T}$$

Onde:

- β - a declividade da face da praia
- D - distância de espraiamento da onda na face da praia (m)
- H_b – altura da onda na arrebentação (m)
- T_{espr} – duração do espraiamento da onda na face da praia (s)
- T – período das ondas

De forma que:

Estado	Delta (Δ)
Dissipativo	< 0,5
Banco e Calha	0,5 - 0,8
Bancos Transversais	0,8 - 1,0
Terraço de Baixa Ma	1,0 - 2,0
Refletivo	> 2,0

A forma de como são obtidas estas medidas foram realizadas em campo estão descritas em MUEHE (1996).

O cálculo do transporte litorâneo foi feito a partir da equação:

$$Q_s = K T^{1/5} H_o^{12/5} \sin(\varphi_o - \theta) \cos^{6/5}(\varphi_o - \theta)$$

onde:

K= coeficiente de correlação.

T= período das ondas.

H_o = altura significativa em água profunda.

θ = direção da linha de costa.

Foram coletadas amostras de sedimentos nos diferentes sub-ambientes praias, isto é nas dunas frontais, berma, face da praia, zona de surfe, e antepraia superior.

Como análise complementar foi realizada uma campanha de coleta de sedimentos superficiais na antepraia adjacente, com o objetivo de se verificar a distribuição sedimentar na zona submarina, que em última análise é a potencial fonte de sedimentos para a praia. As amostras se distribuíram em perfis transversais e perpendiculares a costa, numa grade fixa.

As análises granulométricas foram feitas por procedimentos padrão para peneiramento a seco das areias e pipetagem das lamas. Necessário ressaltar que as amostras obtidas na zona submarina aqui apresentadas foram ainda visualmente apresentadas, em função de ainda não estarem completamente processadas em laboratório.

RESULTADOS

Morfodinâmica das praias

Para representar a morfodinâmica em diferentes setores definidos no trabalho foram escolhidos três perfis de forma a representar as diferentes condições morfodinâmicas entre os setores. O setor do Pontal, apresentou características morfodinâmicas associadas a perfis intermediários mais próximos a características refletivas, de forma que a classificação terraço de Baixa-mar foi bastante presente em todos os perfis, mas principalmente, nos perfis 1 e 3 (Tabela 1). Na figura 2 mostra o envelope de perfis monitorados a longo de 1 ano, na posição mais próxima a foz, onde de fato se percebe que morfologicamente o perfil se ajusta a terraço de baixa-mar, classificação muito próxima a refletiva. Assim as características morfodinâmicas representadas sugerem um estoque de sedimentos na zona submarina, muito próxima a parte emersa do perfil, sendo sistematicamente incorporados a berma. Desta forma o perfil 1 apresentou diferenças sensíveis entre a largura máxima da praia ao redor de 80 m e na sedimentação máxima algo em torno de 140 m, o que sugere características intermediárias.

No setor de transição entre a área que sofreu erosão e a área onde houve progradação, foi possível se verificar que o processo erosivo se estabilizou, ou mesmo apresentou uma sensível reversão, principalmente quando se verifica a figura 3. de fato o envelope de perfis monitorados mostrou que a berma da praia foi sensivelmente recuperada ao longo do período de monitoramento.

Nos perfis levantados na área onde a linha de costa progradou a dinâmica morfológica dos perfis foi bastante mais intensa, na zona submarina que na parte emersa do perfil. Tal comportamento pode ser observado na figura 4. Este padrão se deve a uma dinâmica mais intensa na zona submarina, principalmente por transporte de sedimentos longitudinais a costa, sendo mais eficiente que o modo transversal.

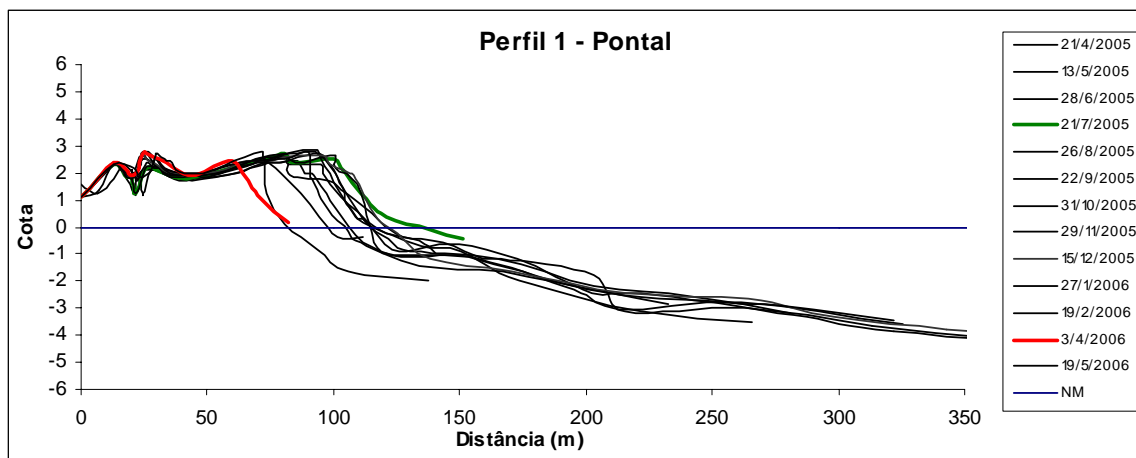


Fig. 2. Envelope de perfis mostrando os diversos levantamentos topográficos. Em verde a situação que a praia apresentou o maior estoque na parte emersa do perfil. Em vermelho máximo erosivo.

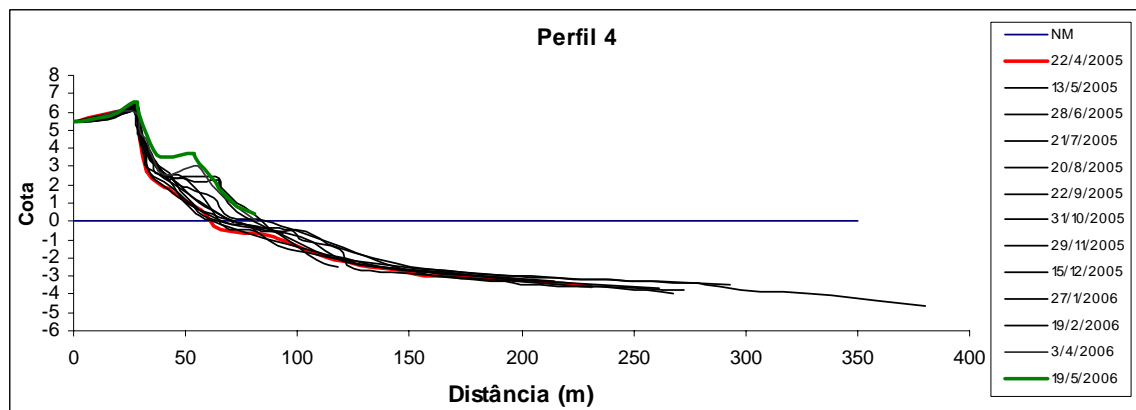


Fig. 3. Nesta figura fica evidente a recuperação ou pelo menos a não continuidade do processo erosivo na área, uma vez que ao longo de um ano de monitoramento a praia vem gradualmente recuperando seu estoque.

Em termos de transporte litorâneo os valores obtidos, ainda que de forma preliminar, mostraram que a resultante preferencial foi predominante na direção de sul para norte, isto é, as ondas de tempestade forma mais eficientes que as ondas de tempo bom.

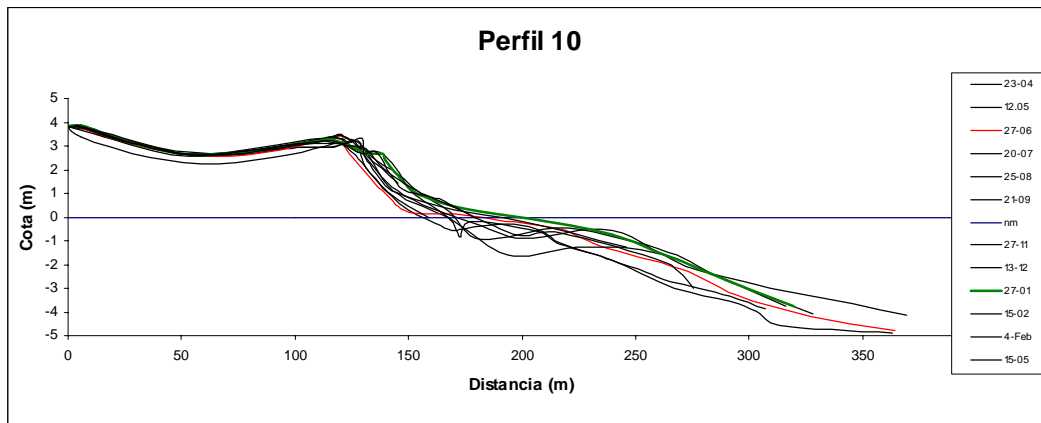


Fig. 4. Levantamentos realizados no extremo sul da área de estudo. O envelope de perfis sugere uma dinâmica mais intensa na zona de surfe, pela variação mais evidente da morfologia nesta área.

Sedimentação da antepraia

A figura 5 representa o mapa de distribuição de sedimentos de fundo na antepraia da área de estudo. O mapeamento mostra a presença de areias próximas a desembocadura fluvial, se estendendo para norte. Neste particular foi feita uma extrapolação da ocorrência de areias nesta direção conforme DIAS (1981) sugere para um mapeamento realizado junto a foz. Uma extensa faixa de lamas em direção ao sul marca a antepraia até o limite meridional da área. A ocorrência de finos se dá entre a batimétrica de 5 e 15 metros. Nota-se porém que a faixa das lamas se torna mais delgada quando se afasta da foz. Nas áreas mais distantes a costa predominam areias e sedimentos biogênicos.

Desta forma é possível se afirmar que a plataforma adjacente não é fonte principal de sedimentos para a praia.

CONCLUSÃO

Os dados obtidos sugerem que os processos morfodinâmicos não apresentaram a tendência verificada nos trabalhos anteriores, o que de forma alguma invalida os trabalhos anteriores, apenas pode-se sugerir que a erosão localizada no pontal talvez ocorra em pulsos em termos de escala temporal, podendo de fato estar ajustada com eventos de cheias e reduções das vazões ou mesmo efeitos do tipo El Niño/La Nina, que provocam variações em termos modais em diversos pontos do litoral brasileiro, pela modificação do padrão das ondas e ventos.

As variações morfológicas intensas identificadas ao longo da zona submarina dos perfis de praia, sugerem que o transporte litorâneo ao longo da praia, seja mais importante

que o transporte transversal, uma vez que a estabilidade relativa das bermas mostra que bancos de areia formados na zona de surfe não são incorporados ao perfil emerso.

Por último, pelo mapeamento das lamas próximas a praia mostra que a plataforma não é a fonte dos sedimentos para a praia, nem o rio efetivamente. A fonte é uma estreita faixa arenosa estabelecida ao longo da zona de surfe até a batimétrica de 5 metros, que por transporte litorâneo supre de areia a zona costeira da área.

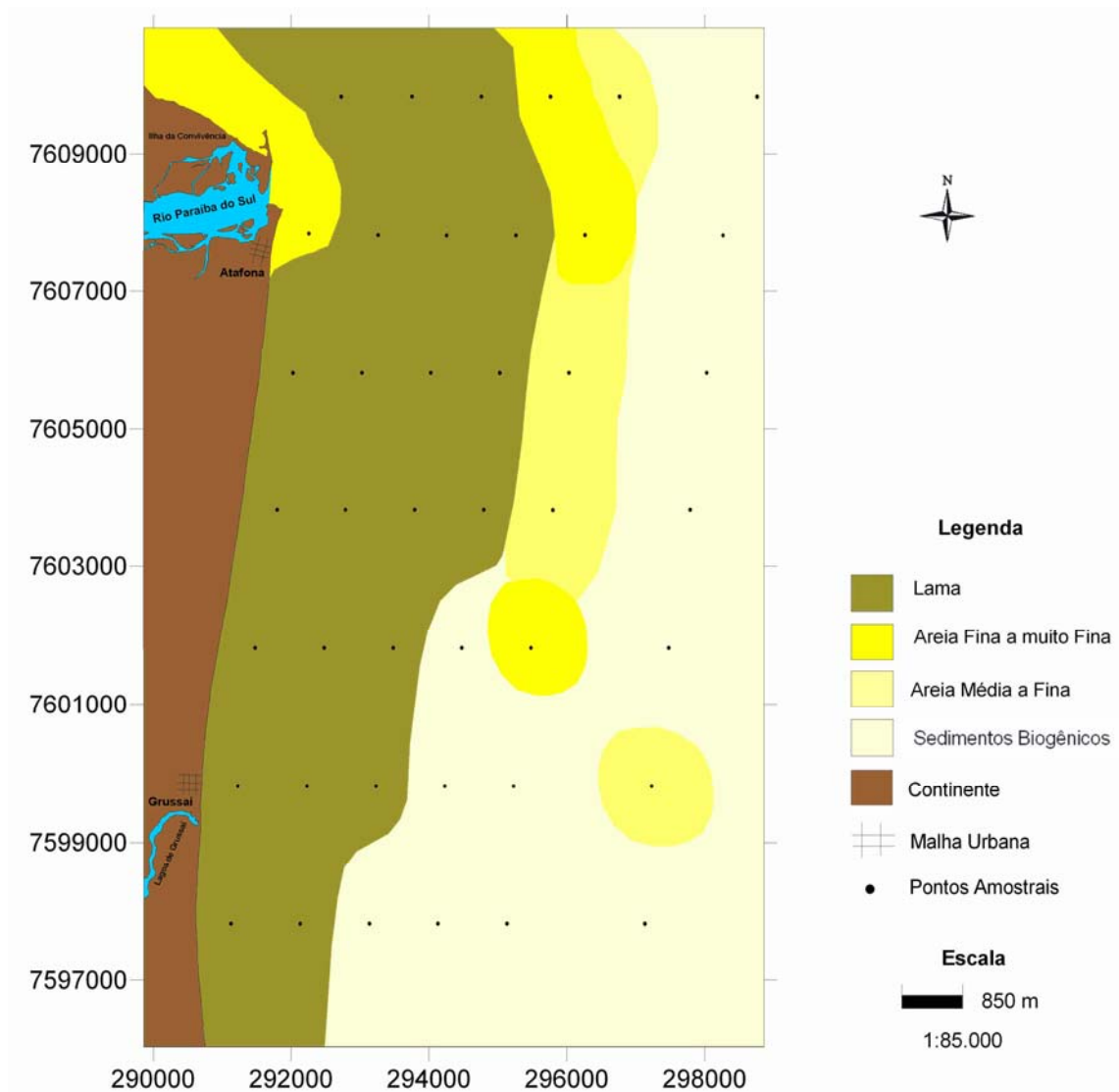


Fig. 5. Distribuição superficial dos sedimentos superficiais na antepraia. Verifica-se a presença de lamas muito próximas a costa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem sinceramente a Sérgio Cárdenas e Ricardo Álvares, no auxílio em algumas campanhas de campo. A Ricardo os autores agradecem pelo empenho de na concretização do mapa de distribuição espacial dos sedimentos. Os dados das amostras de fundo não poderiam ser coletados sem a inestimável ajuda de Victor Murilo e

Paulo Henrique Cetto. A Cleverson Silva nossos sinceros agradecimentos na campanha de coleta e pelas discussões sempre bem embasadas sobre todos os aspectos deste trabalho. A Dieter Muehe pela contribuição sobre novas abordagens de se ver os processos erosivos em Atafona. Este trabalho não poderia ser realizado sem o auxílio financeiro do CNPq e da FAPERJ a quem os autores agradecem sinceramente.

BIBLIOGRAFIA

- BASTOS, A.C. Análise morfodinâmica e caracterização dos processos erosivos ao longo do litoral norte fluminense, entre Cabiúnas e Atafona. *Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, UFF.* (133p.). 1997.
- CASSAR, J.C.M. & C.F. NEVES. Aplicação das rosas de transporte litorâneo à costa norte fluminense. *Revista Brasileira de Engenharia (RBE), Caderno de Recursos Hídricos.* Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, São Paulo, SP, 11(1):81-106. 1993
- COSTA, G. Caracterização Histórica, Geomorfológica e Hidráulica do Estuário do Rio Paraíba do Sul. *Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ,* (107p.). 1994.
- DIAS,G.T.M.; SILVA, C.G.; MALSCHITZKY, I.H. e PIERMES,C. A planície deltáica do rio Paraíba do Sul – Seqüências sedimentares subsuperficiais. *Anais do XXXIII Cong. Bras. De geologia, Rio de Janeiro;* Vol. I (98-104). 1984,
- DIAS,G.T.M.; SILVA, C.G.; MALSCHITZKY, I.H. e PIERMES,C. A frente deltáica do rio Paraíba do Sul – fisiografia submarina e distribuição sedimentar. *Anais do XXXIII Cong. Bras. De geologia, Rio de Janeiro;* Vol. IV (1565-1576). 1984b.
- DOMINGUEZ J.M.L.; A.C.S.P. BITTENCOURT; & L. MARTIN. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (Se\Al), Jequitinhonha (Ba), Doce (ES), e Paraíba do Sul (RJ), *Revista Brasileira de Geociências.* 11(4):227-237. 1981.
- DOMINGUEZ J.M.L.; A.C.S.P. BITTENCOURT; & L. MARTIN. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas a desembocaduras dos rio São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul, *Revista Brasileira de Geociências,* Vol. 13(2), pp.93-105. 1983.
- MARTIN,L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ J.M.L.; AZEVEDO, A.E.G. Evolução da planície costeira do Rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. *Anais do XXXIII Cong. Bras. de Geologia, Rio de Janeiro.*Vol.1, 84-97. 1984.
- MUEHE, D. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. *Revista Brasileira de Oceanografia,* 46(2). 1998.
- MUEHE, D., ROSO, R.H.; SAVI,D.C. Avaliação do Nível do Mar como Datum Vertical para Amarração de Perfis de Praia. *Revista Brasileira de Geomorfologia ,* Ano 4, N.1, (53-57). 2003.
- SANTOS, R.A.; FIGEUREDO Jr. A.G.; RIBEIRO, G.P.; VASCONCELOS, S.G. & ALMEIDA, A.G. 2005. Avaliação morfodinâmica da linha de costa entre Atafona e Grussaí, São João da Barra (RJ). XI Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais em CD ROM. São Paulo.