

Considerações sobre a Morfodinâmica Costeira e da Morfologia Submarina no Arco de Praia do Perú, litoral do Rio de Janeiro

Thiago Gonçalves Pereira

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense. E-mail: thiago@igeo.uff.br

Wanderson Barreto Correa

Departamento de Geografia de Geografia, Universidade Federal Fluminense. E-mail: wandgeouff@yahoo.com.br

Thais Baptista da Rocha

Programa de Pós-Graduação em Geografia de Geografia, Universidade Federal Fluminense. thaisitc@yahoo.uff.br

Guilherme Borges Fernandez

Departamento de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense. e-mail: Guilherme@igeo.uff.br

Resumo

O litoral compreendido entre o cabo Búzios e o cabo Frio, leste do Rio de Janeiro, é marcado pela presença de sistemas de barreiras arenosas de características transgressivas e desenvolvimento de dunas sobre as barreiras, além de campos de dunas móveis oblíquos, à retaguarda dos cordões. Tais características conferem a esse espaço singularidades paisagísticas não observadas ao longo de outras áreas da costa Fluminense. Nesse sentido, buscar a compreensão da dinâmica desse sistema se faz amplamente necessário à construção do conhecimento científico. Esse artigo procura colaborar com esse entendimento, à medida que realiza a análise e caracterização da morfodinâmica associada entre praia, zona submarina adjacente e dunas da retroterra, de modo a possibilitar a compreensão da evolução do sistema praial do Perú e das tendências de resposta deste sistema às forçantes ambientais que atuam na região. Para tanto foram feitos perfis de praia e mapeada a morfologia submarina. O mapa batimétrico demonstra a ação das ilhas, dispostas defronte ao arco de praia do Perú, sobre as ondas que se aproximam do continente e sofrem difração nas mesmas, formando um tómbolo submerso por perda de energia. Por fim, a análise das características morfodinâmicas obtidas nos levantamentos sugere uma profunda interação entre os ambientes da zona submarina adjacente, da praia e das dunas frontais.

Palavras chave: Morfodinâmica costeira; morfologia submarina; morfodinâmica de praia.

Abstract

The main objective of this work is discussing the morphodynamic linkages between submarine morphology and developed transgressive dune barrier along Perú beach arc, east coast of Rio de Janeiro. For this propose the main goals was defined by beach morphodynamics analyses associated with oceanographic e climatic conditions and a bathymetric map. The results showed that in function of tombolo formed along submarine zone created a good condition for different types of transgressive barriers.

Key words: Coastal morphodynamic; submarine morphology; beach morphodynamics.

1 - Introdução

A dinâmica sedimentar que rege os sistemas de praia, duna frontal e antepraia representa uma temática recorrente na literatura sobre ambiente costeiros. O que se nota, porém, é que em função da dificuldade de se estabelecer tais relações e maneiras de representar e mensurar essa dinâmica sugere ainda possibilidades para se explorar tal tema. De fato, relacionar os forçantes de ondas que promovam alterações morfológicas na zona submarina e na praia, com os aspectos climáticos e meteorológicos que favorecem ou mesmo regem o desenvolvimento de dunas são desafiadores. No caso do estado do Rio de Janeiro ainda não se tem um considerável volume de estudos que possam estabelecer, sobre bases científicas, os mecanismos associativos com a ocorrência de campos de dunas, a morfodinâmica das praias e zona submarina próxima.

Diante desse fato, o estudo da morfodinâmica costeira integrando esses sub-ambientes se faz valer, não apenas sob a questão do entendimento dos processos ocorrentes, que por si só já se justifica, mas também como subsídio à gestão costeira em áreas urbanas ou em processo de urbanização, fato que tem cada vez mais se estabelecido no litoral do estado do Rio de Janeiro.

Dentro dessa perspectiva o presente trabalho tem como objetivo estudar as características morfodinâmicas entre a praia, a zona submarina adjacente e as dunas na retroterra como forma de entendimento das condições evolutivas atuais e pretéritas da região.

2. Área de Estudo

O litoral compreendido entre o Cabo Búzios e o Cabo Frio (fig. 1) é marcado por barreiras costeiras arenosas, que apresentam características transgressivas e campos de dunas que se estabelecem sobre estas barreiras (Fernandez, 2007). No reverso do sistema barreira se desenvolve campos de dunas móveis que tem sua dinâmica atual controlada por pela morfodinâmica costeira, além dos aspectos climáticos e meteorológicos locais.

Entre os diversos elementos ambientais que marcam a região, os fatores climáticos sugerem ter grande influência para que esses campos sejam desenvolvidos. De fato a área se encontra numa região com clima semi-árido quente BSh, segundo a classificação de *Köppen*. Outro fator importante é dado pelos predominantes ventos de nordeste associados às condições de tempo bom oriundos da Alta Pressão do Atlântico Sul (Barbieri, 1984), que

garantem condições ideais para que as dunas sejam mobilizadas. Em termos de distribuição de ventos Ribeiro et al. (2006) mostram a partir de uma rosa de ventos posicionada ao sul da área de estudo que os ventos mais freqüentes são oriundos de NE com alterações neste padrão para o quadrante sul, sudoeste e sudeste (Fig. 2).

Em termos oceanográficos Pinho (2003) sugere que a acoplagem do padrão de ventos com o sistema oceânico permite criar quatro condições de mar para a Baía de Campos, e, portanto, aplicado a região. Em condições de tempo bom as ondas são formadas pelo sistema de alta pressão do Anticiclone do Atlântico Sul que geram ondas percentualmente mais representativas com períodos entre 6 e 7 segundos e alturas significativas mais freqüentes entre 1.5 e 2m. O autor detectou anomalias a estas condições onde foram observadas ondas na faixa de 3 e 4m e período de 8 segundos. Uma segunda condição de tempo bom estaria associada a marulhos de sul, que mostram ondas com períodos mais freqüente entre 11 e 12 s e H_s também entre 1.5 e 2m. A intensificação das condições de marulho de sul gera períodos maiores entre 16 e 18 s e as maiores alturas significativas entre 2.5 e 3.5m, porém dentro da mesma condição descrita para estas condições.

Outras duas situações foram descritas para condições de tempestade. Primeiramente em função da passagem de frentes frias são geradas ondas do quadrante S e SW que representam as situações mais severas de mar. Nestas condições as ondas significativas têm alturas frequentemente medidas entre 1.5 e 2m, e períodos de pico mais freqüente na faixa de 8 e 12 s. Em casos excepcionais são obtidos valores de altura e período significativo de aproximadamente 6m e 16s, respectivamente e estão associados à direção de pico espectral de 210°. A última condição de clima de ondas e de tempestade, está associada a ondas de SE. Ocorre quando após a passagem de uma frente fria, um anticiclone polar domina a circulação na região. As ondas significativas mais freqüentes tiveram períodos entre 9 e 12 s e alturas entre 2 e 3m. Os maiores períodos significativos observados são inferiores a 14s e os maiores períodos de pico tinham entre 14 e 16s. As maiores alturas significativas têm valores entre 4e 4.5m.

A plataforma adjacente foi mapeada por Saavedra e Muehe (1994) e Muehe (1998) mostrando que grande da região é coberta por sedimentos arenosos. Assim quando são elencados ambientalmente ondas e ventos severos do mar para a terra e material a ser

mobilizado, garantem as condições para que praias, dunas e mais regionalmente barreiras costeiras se estabeleçam como no litoral fluminense e particularmente na área de estudo.



Fig. 1. Distribuição dos perfis topobatimétricos ao longo do arco de praia do Peró, litoral entre Cabo Frio e o Cabo Búzios.

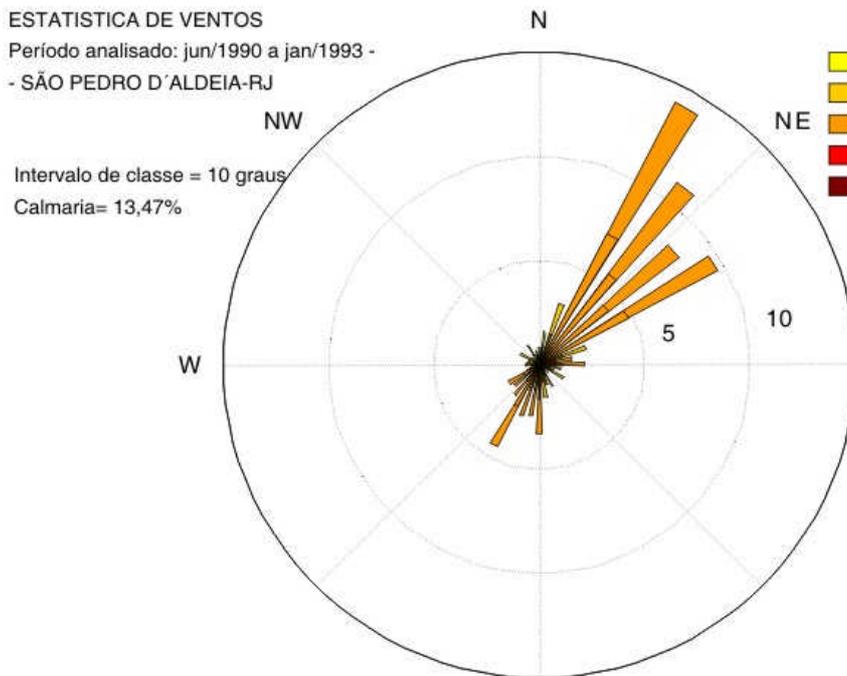


Fig.2. Rosa dos ventos aplicada à região. Fonte: Alves et al. (2006).

2. Metodologia

A caracterização morfológica dos sistemas costeiros estudados nesse trabalho foi definida a partir do levantamento de quatro perfis topográficos transversais à costa na praia do Perú no município de Cabo Frio. Para tais levantamentos foi empregado o método de nivelamento topográfico tradicional, isto é, nível e mira, combinado com balizas de Emery. O método das balizas é mais indicado para a parte emersa do perfil, enquanto que o nivelamento tradicional se aplica a zona de surfe e antepraia (Muehe, 1996). Os dados de altura dos perfis foram ajustados ao nível médio do mar empregando método sugerido por Muehe *et al.* (2003). Morfologicamente os resultados topográficos foram associados ao modelo de estágios de praia proposto por Short & Wright (1984).

Por fim elaborou-se um mapa batimétrico de todo o compartimento Cabo Frio – Cabo Búzios para tentar verificar sua morfologia de fundo e os gradientes topobatimétricos nos perfis com dados de Folha de Bordo disponibilizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

3. Resultados e discussão

3.1. Morfologia da zona submarina

A morfologia da zona submarina do arco de praia do Perú é marcada por um extenso tómbolo submarino formado em direção ao arquipélago observado a frente do arco (Fig. 3). O posicionamento das ilhas pode ser importante para se definir qualitativamente os diferentes graus de exposição a ondas e ventos que atingem a região.

A distribuição destas ilhas sugere que a parte mais ao norte da praia é protegida da ação de ondas de tempo bom relacionadas a ondulações de NE, porém exposta a ventos desta direção. O centro do arco é mais exposto a condições hidrodinâmicas de sul principalmente o centro-norte do arco e provavelmente a condições extremas de hidrodinâmica de tempo bom. A parte mais ao sul e bem protegida de ondulações de tempestade, porém diretamente exposta a ventos e ondas de NE.

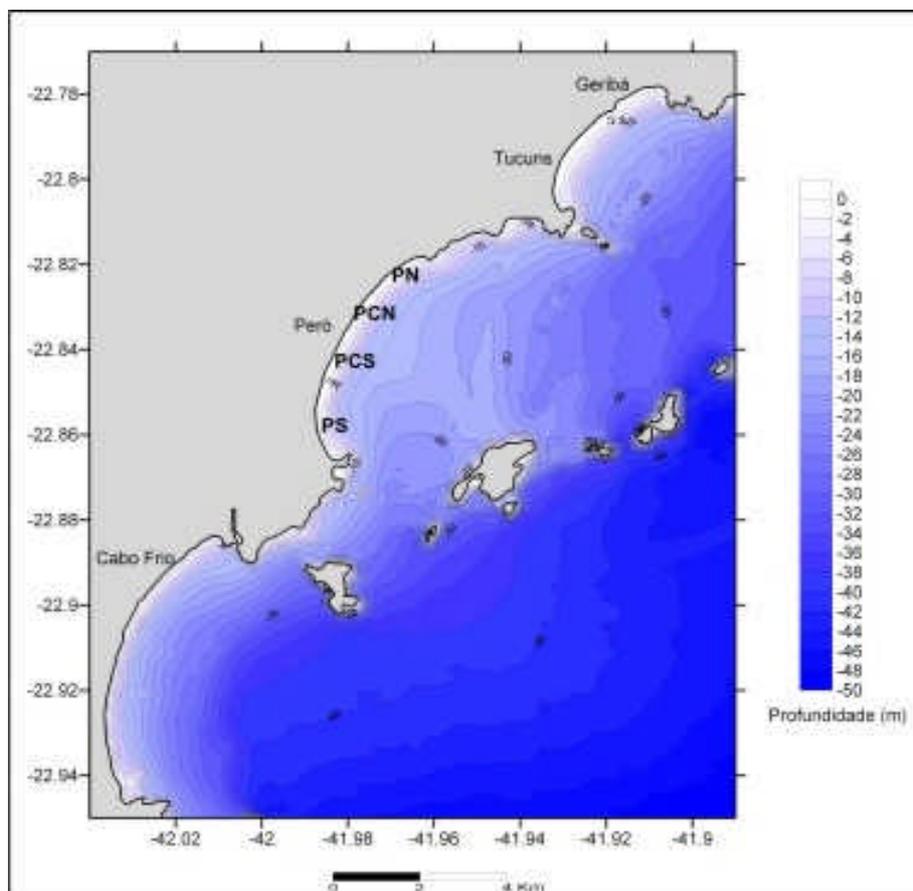


Fig. 3. Batimetria entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios. Nota-se um grande tómbolo submarino entre a enseada do Perú e a ilha defronte o arco devido à difração das ondas.

A morfologia proximal do oceano pode ser considerada como uma barreira com dunas frontais ainda ativas, onde se verifica o transito de sedimentos da praia em direção ao interior, criando condições para que ocorra um espessamento vertical da morfologia eólica. O padrão morfológico estaria então associado a barreiras do tipo barreira e duna transgressiva descritas por Hesp e Thom (1990) a partir de três elementos fundamentais: altas taxas de sedimentação, ventos e ondas de alta energia e vegetação ativa para fixação dos sedimentos. Tais características podem aplicadas para a região conforme já descrito por Fernandez (2007).

A topografia realizada neste trabalho de fato sugere que as cotas ajustadas ao nível médio atual atingindo cotas acima de sete metros corroboraram com a afirmativa da classificação anterior. De fato quando se observa as figuras 4 e 5, que mostram os resultados morfológicos dos pontos de levantamento do centro do arco em direção ao norte, verifica-se que a barreira frontal é relativamente alta, indicando provavelmente um crescimento vertical, com importante participação eólica, numa condição de ventos oblíquos de mar pra terra.

As condições para este espessamento também podem ser associadas às características morfodinâmicas da praia, que apresenta um gradiente suave, composta de granulometria fina e a zona de surfe também suave com pelo menos duas arrebentações ajustadas a condições dissipativas. Numa análise mais detalhada pode-se notar que o perfil mais ao norte se mostra bastante estável na parte emersa. Na zona submarina, em dois levantamentos foram verificados bancos e calhas bem proeminentes, que alteraram a classificação morfodinâmica. Tais características sugerem que seja a parte norte do arco a mais protegida da ação de ondas de nordeste e ao mesmo tempo relativamente exposta a ventos desta direção, o que marca uma área de baixa energia das ondas, porém submetida a condições hidrodinâmicas suficientes para transportar areias em direção a praia, e posteriormente a ação eólica intensa nesta porção, removendo este material em direção a retroterra e espessando o campo de dunas no reverso da praia.

O perfil centro-norte mostra uma ligeira dinâmica morfológica na parte emersa e uma constante condição de banco e calha morfológicamente mostrada na topografia. Tal dinâmica deve estar associada à exposição maior do centro do arco para condições de tempestade.



Fig. 4. Fotografias da praia do Perú – Perfil 1 e 2. Porção mais dissipativa do arco apresentando dunas frontais com controle exercido pela vegetação e cortes eólicos nas bases.

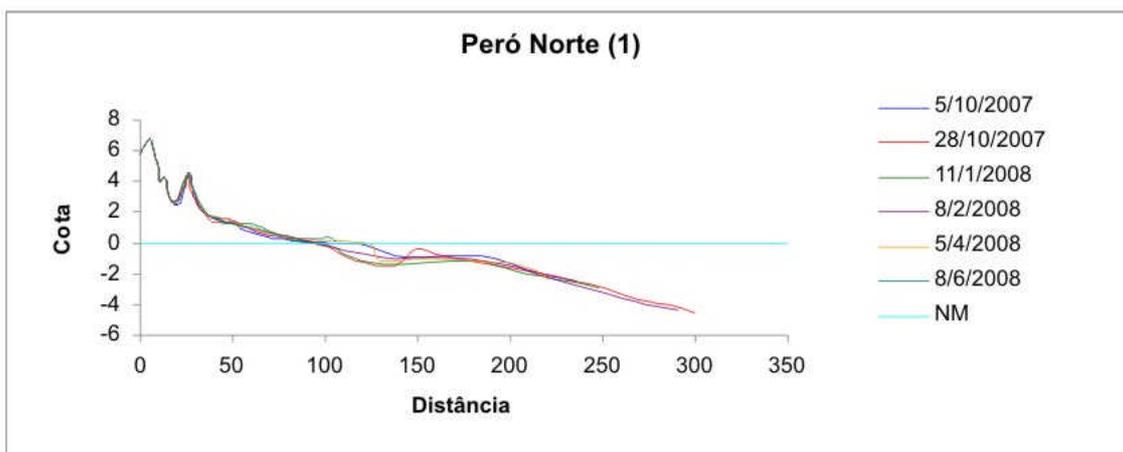


Fig. 5. Perfis topobatimétricos levantados na parte mais setentrional do arco de praia. Nota-se que as dunas a retaguarda atingem cotas próximas a sete metros. Pode-se verificar também a morfologia de uma pequena duna no pós-praia, que serve de estoque para o campo de dunas vegetado no reverso.

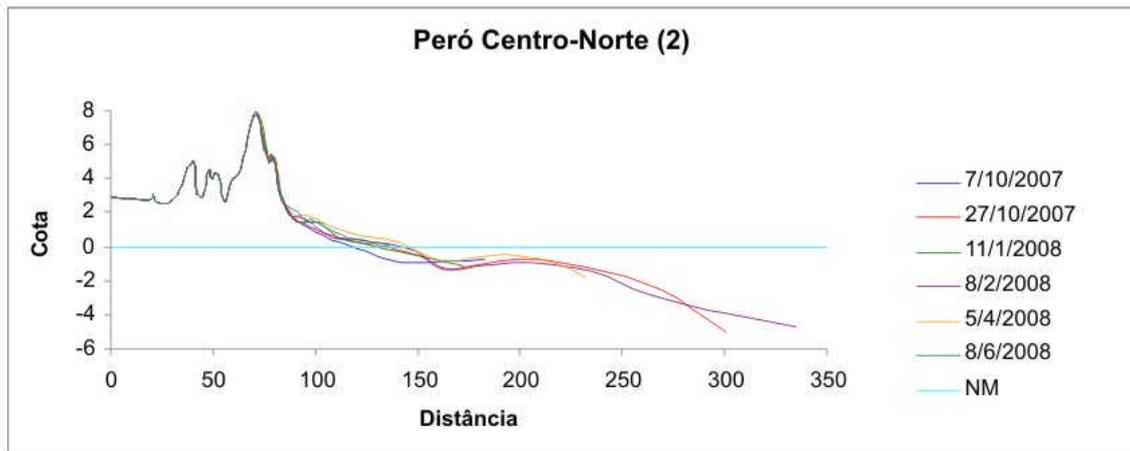


Fig. 6. Perfil da porção centro-norte do arco de praia do Perú. Destaque para a altura do cordão litorâneo no pós-praia com a barreira atingindo cotas superiores a oito metros.

Em direção ao sul do arco ocorre uma mudança brusca da morfologia observada no norte. Os resultados em relação à morfologia da barreira do topo das dunas no perfil monitorado no centro-sul, apresentado na figura 7, mostra cotas abaixo de seis metros, o que representa alturas bem inferiores ao monitorado na parte setentrional. A diminuição de altura pode estar atrelada a incidência mais ortogonal dos ventos de NE nesta região dificultando a remoção das areias da praia para as dunas frontais.

A praia apresenta, de forma geral, resultados semelhantes ao descritos ao norte, isto é, com gradiente baixo da face da praia e da zona de surfe, composta por areias finas típicas de praias dissipativas. Numa avaliação mais criteriosa, notam-se na zona de surfe a formação de pequenos bancos de areia, pequenas irregularidades que caracterizam perfis intermediários por sua mobilidade e migração desses pacotes sedimentares em direção a praia onde foi possível mapear até uma berma com certo desenvolvimento em abril de 2008 (Fig. 7). Em função desta dinâmica a praia chegou a variar sua largura na ordem de 40 metros (fig. 7). Tal dinâmica deve ser associada à direção preferencial que ondas do quadrante sul atingem esta parte do arco, criando condições para esta dinâmica.

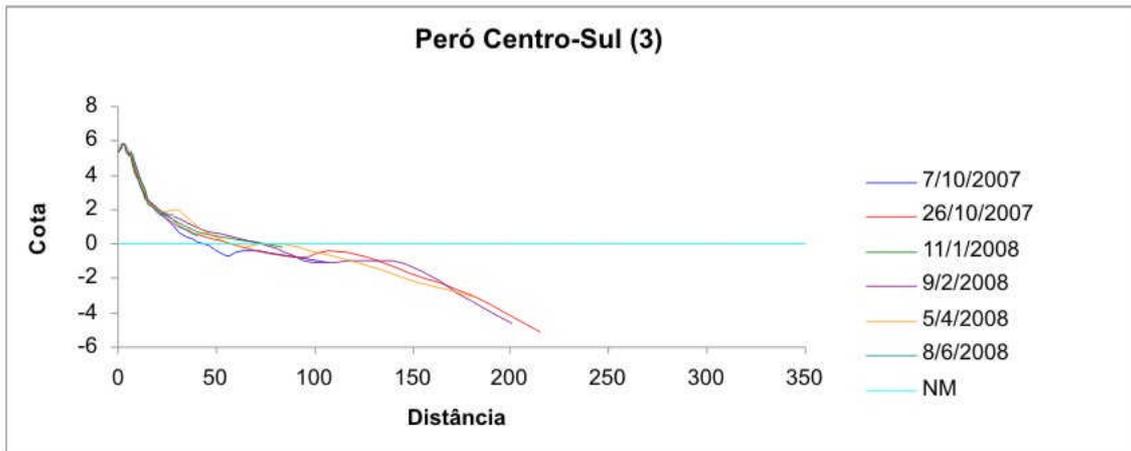


Fig. 7. Morfologia típica de estágio morfodinâmico intermediário, com presença de bancos e calhas.

No perfil mais ao sul (P4), não foi possível se verificar a altura das dunas frontais, pois estas foram completamente destruídas por benfeitorias urbanas junto à praia. Provavelmente, porém, estas dunas deveriam ser mais baixas que as observadas nos outros perfis levantados, pois esta parte do arco está orientada ortogonalmente a ventos de nordeste o que dificulta a mobilização de areias em direção ao campo de dunas outrora estabelecido.

Nessa área, ao contrário do que se esperava, devido à tendência observada da distribuição do padrão topográfico e do transporte litorâneo de (S para N) observado em área vizinha (Fernandez *et al.* 2006; Pereira *et al.* 2007), os gradientes topográficos são bastante suaves, com morfologia francamente dissipativa (Fig. 8). Essa tendência deposicional de sedimentos finos pode estar associada ao baixo grau de exposição a ondas de tempestade por ser uma área bem abrigada pelo promontório ao sul da praia do Peró. Além disso, existem ilhas posicionadas de maneira que o trem de ondas do quadrante S-SE sofra difração, perdendo assim, a capacidade de remoção de finos nesse setor. Em situação de tempo bom (ventos alísios) as ondulações geradas, geralmente de caráter construtivo, propagam sua energia, promovendo transporte de sedimentos finos para este setor.

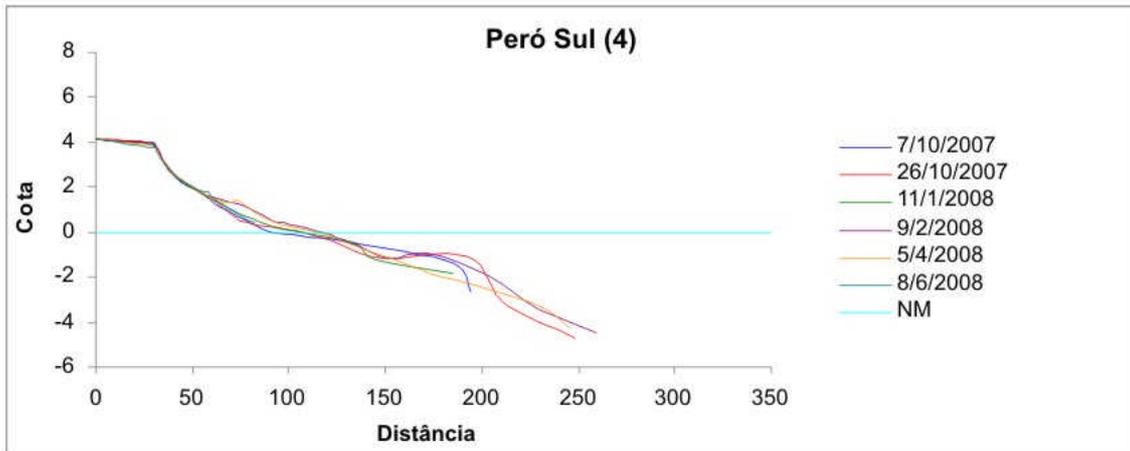


Fig. 8. Perfil topográfico com características dissipativas e feições submersas que indicam mobilidade de estoque arenoso transversal à praia .

5. Conclusão

A partir da morfologia submarina e das características morfodinâmicas costeiras pode-se concluir que as formas de relevo na zona submarina sugerem que haja uma importante interação entre estes dois ambientes morfológicos. Portanto, os resultados aqui levantados são conclusivos em relação à condição geomorfológica associada entre os sub-ambientes costeiros e submarinos, de forma que as diferentes morfologias verificadas na parte emersa do arco refletem em grande parte da disposição de ilhas na zona submarina, que alteram o padrão de ondas incidentes na região.

A maior altura da barreira na porção do norte arco sugere que a fonte de sedimentos para suprimento das dunas é bastante eficiente nesta área, em função do gradiente mais suave da praia que apresentou forte tendência dissipativa, características importantes para o desenvolvimento de dunas a retaguarda. Tal espessamento é resultado consorciado de proteção da ação das ondas e exposição a ventos de NE.

O centro do arco é marcado pela provável maior exposição às ondas de tempestade oriundas de sul e o estoque frontal de areias pelo desenvolvimento do tómbolo submarino. A deflação dos sedimentos da praia marcada pela presença de campos de dunas eólicos na sua retaguarda é facilitada, uma vez que sedimentos finos são remobilizados mais facilmente pela ação do vento ao longo da parte emersa do prisma praial, principalmente no centro-norte.

Por último a porção mais meridional e francamente protegida de ondas de tempestade é exposta a ventos de NE de forma que se propaguem transversalmente a praia com pouca capacidade de remobilização longitudinal sedimentar.

Bibliografia

Alves, A. R.; Wassermam, J. C. F. A.; Fernandez, G. B. (2006) Potencial para formação de esporões arenosos. Anais do Simpósio Nacional de geomorfologia/Reginal Conference of Geomorphology. Goiânia, GO.

Barbieri, E.B. 1984. Cabo Frio e Iguaba Grande: dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In Lacerda, L.D.; Araújo, D.S.D.; Cerqueira, R. & Turq, B. (Eds). *Restingas: Origem, Estruturas, Processos*. CEUFF, Niterói.

Barbieri, E.B. 1999. Origin and evolution of Quaternary coastal plain between Guaratiba and cape Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In Knoppers, B.A., Bidione, E.D. & Abrão, J.J. (Eds.). *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon System of Rio de Janeiro Brazil*. Série Geoquímica Ambiental, 6: 47-56 pp.

Fernandez, G.F. Modelo morfológico das barreiras arenosas costeiras no estado do Rio de Janeiro. XII Congresso da ABEQUA. Belém, PA.

Fernandez, G.F.; Pereira, T.G. Rocha, T.B. Muehe, D. 2006. Aplicação de critérios morfodinâmicos na diferenciação de setores ao longo do arco praial entre Cabo Frio e Arraial do Cabo – RJ. Anais do Simpósio Nacional de geomorfologia/Reginal Conference of Geomorphology. Goiânia, GO.

Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sed. Petr.* 27(1): 3-26.

Muehe, D. 1996. Geomorfologia Costeira. Capítulo 5. In Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T (Orgs.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Editora Bertrand Brasil.

Muehe, D. 1998b Estado Morfodinâmico Praial no Instante da Observação: uma alternativa de identificação.. *Revista Brasileira de Oceanografia*, Instituto Oceanográfico USP, v. 46, n. 2, p. 157-169.

Muehe, D., Roso, R.H. & Savi, D.C. 2003. Avaliação de método expedito de determinação do nível do mar como datum vertical para amarração de perfis de praia. *Revista Brasileira*.

Muehe, D. & Valentini. 1998. O litoral do estado do Rio de Janeiro. *FEMAR*. 135p.

Wright, L.D. & SHORT, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology*, 56:9