

## **APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS MORFODINÂMICOS NA DIFERENCIAÇÃO DE SETORES AO LONGO DO ARCO PRAIAL ENTRE CABO FRIO E ARRAIAL DO CABO - RJ**

FERNANDEZ, G.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física (LAGEF) UFF, e-mail: [guilherme@igeo.uff.br](mailto:guilherme@igeo.uff.br)

PEREIRA, T.G.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física (LAGEF) – UFF, e-mail: [thiago\\_pereira@igeo.uff.br](mailto:thiago_pereira@igeo.uff.br)

MUEHE, D.<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Marinha – UFRJ, e-mail: [dieter@ufrj.br](mailto:dieter@ufrj.br)

ROCHA, T.B.<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física (LAGEF) – UFF, e-mail: [thaisitc@gmail.com](mailto:thaisitc@gmail.com)

### **RESUMO**

As praias representam um dos elementos morfológicos costeiros mais sensíveis às forçantes costeiras, principalmente as ondas, que induzem de maneira sistemática processos morfodinâmicos que são representados na forma de deslocamento do estoque de areia depositada na porção emersa da praia para a zona submarina, em situações normalmente relacionadas a eventos de tempestade, isto é com ondas mais altas e maior esbeltez. Naturalmente porém, o movimento sedimentar se inverte em condições de tempo bom, onde sob condições de ondas mais baixas a praia volta a recuperar o estoque subaéreo, pela re-incorporação dos sedimentos outrora depositados na zona submarina ou através da incorporação por transporte longitudinal. Este processo cíclico é conhecido como morfodinâmica de praias. O arco de praia entre Cabo Frio e Arraial do Cabo localizado no litoral centro norte do estado do Rio de Janeiro foi analisado em termos morfodinâmicos a partir de dados paramétricos e topográficos monitorados transversalmente em seis pontos, ao longo de aproximadamente 8,5 km de praia. Os resultados mostraram que a praia apresenta três setores com características morfodinâmicas distintas. O sul do arco apresentou características com tendências refletivas ou de terraço de baixa-mar, com dunas frontais pouco representativas. No centro da praia se verificou tendência associada a perfis intermediários, classificada por banco e calhas longitudinais. Por último o setor mais ao norte é francamente associado a perfis dissipativos e intermediários. Quando foram analisados dados referentes a granulometria e transporte litorâneo constatou-se predominância dos sedimentos se tornarem mais finos e bem selecionados indicando um transporte residual na direção sul para norte, na maior parte das observações. A verificação de tendência de transporte residual na direção contrária ao padrão dos ventos reforça a idéia de que o norte do arco é a fonte de sedimentos para a formação de um extenso campo de dunas móveis localizado no reverso das posições monitoradas ao norte da praia, a partir do selecionamento de areias finas ao longo da zona de surfe.

Palavras chave: morfodinâmica de praia, transporte litorâneo, estágios morfodinâmicos.

### **INTRODUÇÃO**

As praias representam um dos elementos morfológicos costeiros mais sensíveis às forçantes costeiras, principalmente as ondas, que induzem de maneira sistemática processos morfodinâmicos que são representados na forma de deslocamento do estoque de areia depositada na porção emersa da praia para a zona submarina, em situações normalmente relacionadas a eventos de tempestade, isto é com ondas mais altas e maior esbeltez. Naturalmente porém, o movimento sedimentar se inverte em condições de tempo

bom, onde sob condições de ondas mais baixas a praia volta a recuperar o estoque subaéreo, pela re-incorporação dos sedimentos outrora depositados na zona submarina ou através da incorporação por transporte longitudinal. Este processo cíclico é conhecido como morfodinâmica de praias. Estudos desta natureza representam uma das temáticas mais discutidas na literatura geomorfológica mundial (SHORT, 1999), onde o desenvolvimento de modelos e aplicação destes são de grande valia para o entendimento morfodinâmico geral da linha de costa.

No caso específico do litoral fluminense o estudo da morfodinâmica praial, vem sendo feito sistematicamente ao longo de diferentes praias objetivando gradualmente a obtenção de um conhecimento global destes ambientes em todo o Estado (MUEHE & DÖBEREINER, 1977; MUEHE, 1979; BENTES, FERNANDEZ & RIBEIRO, 1997; BASTOS, 1997; MUEHE, 1998, entre outros). Nesse sentido a abordagem inicialmente em nível de reconhecimento, limitado ao monitoramento de espacialmente reduzido numero de perfis vem sendo substituído, mais recentemente, por monitoramentos de perfis sucessivos ao longo de um mesmo arco praial com o intuito de avaliar o efeito da mudança de orientação da praia sobre a intensidade de atuação dos processos costeiros (MUEHE *et al.* 2005) e, submetido por FERNANDEZ *et al.* (2006). O presente trabalho analisa em termos morfodinâmicos o arco de praia localizado entre as cidades de Cabo Frio e Arraial do Cabo que visualmente aparentam apresentar comportamentos morfodinâmicos diferenciados, com o setor mais a norte apresentando características dissipativas passando para refletivas em direção ao sul.

## **ÁREA DE ESTUDO**

O litoral do estado do Rio de Janeiro tem como ponto mais singular o cabo Frio, que forma um ponto de inflexão da linha de costa. A partir deste cabo a linha de costa passa de um alinhamento leste-oeste para um alinhamento geral NNE-SSW. Morfológicamente também pode-se distinguir estes compartimentos, de maneira que a norte da península o litoral é caracterizado por arcos de praia encaixados entre promontórios rochosos do complexo cristalino, sendo formados extensos campos de dunas no reverso da praia. A praia entre Cabo Frio e Arraial do Cabo é o primeiro grande arco deste compartimento.

MUEHE & VALENTINI (1998) notaram que é característica desta área a total ausência de desembocaduras fluviais, sendo apenas observado a presença de um canal de ligação, em termos hidrodinâmicos, entre o litoral e águas interiores pelo canal de Itajuru,

que faz estuário entre a laguna de Araruama e o mar. A possibilidade do canal de Itajuru fornecer sedimentos para a zona costeira foi criticada por LESSA (1990), uma vez que o autor mediu fluxos em direção ao mar apenas durante períodos de chuvas excepcionais, fato raro na área, por estar sob condições de clima semi-árido (BARBIERI, 1999).

De fato em termos climáticos a área de estudo está sob condições de um enclave na chamada Zona de Influência da Ressurgência de acordo com BARBIERI (1999) e apresenta um microclima distinto do conjunto tropical dominante (BARBIERI, 1984). BARBIERI (1984) observou que o clima nas imediações do cabo Frio refletiria uma variação do clima Semi-Árido Quente (BSh), diferente do microclima observado em Iguaba Grande, no flanco norte da lagoa de Araruama, cuja característica estaria entre um clima AW`` (tropical com chuvas de outono-primavera e seca de verão-inverno) e o clima observado em Cabo Frio.

As explicações para a ocorrência de diferenças climática num curto espaço repousam em diversos fatores. BARBIERI (1999) aponta como um fator importante de distribuição pluviométrica o controle orográfico, onde os totais apresentam uma sensível diminuição dos totais de chuva do topo da Serra do Mar em direção ao litoral.

Outro fenômeno importante para a aridez climática observada em Cabo Frio é o efeito provocado pela ressurgência (MARTIN & SUGIO, 1989; TURCQ *et.al.*, 1999). Este fenômeno é condicionado pela brusca inflexão da linha de costa sobre a altura do cabo Frio; pelas condições batimétricas da plataforma continental e pelos constantes ventos de nordeste (MOREIRA DA SILVA, 1973). A distribuição de águas frias na área de influência do cabo Frio inibe a formação de cúmulus responsáveis por chuvas convectivas, desta forma diminuindo o índice das precipitações.

Em termos de distribuição dos ventos medidos localmente a região é predominantemente regida pelos alísios de NE intercalados com ventos do quadrante sul oriundo de frentes frias migratórias das altas latitudes.

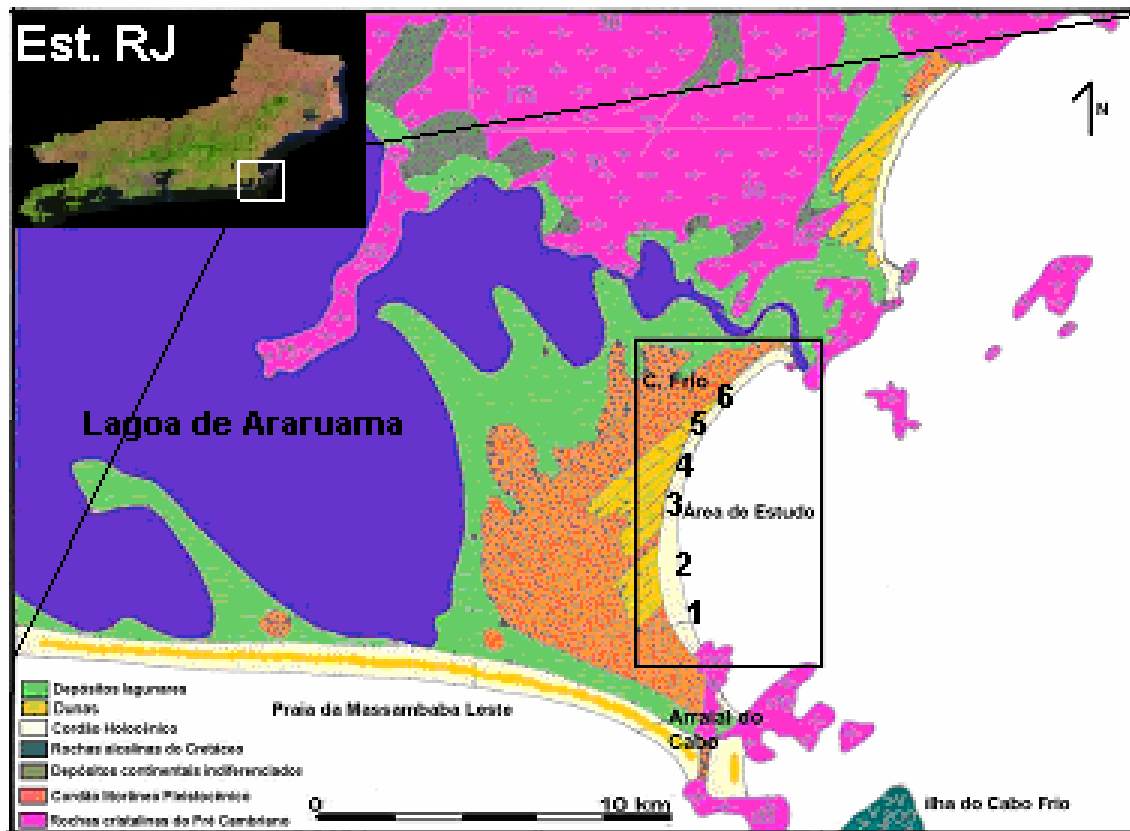


Fig. 1. Localização da área de estudo, com destaque da seqüência de pontos de monitoramento crescente de sul para norte, da base geológica modificada de TURC *et al.* (2002).

## METODOLOGIA

Para a determinação das condições morfodinâmica ao longo do arco praiial de cabo Frio, foram definidos seis pontos de monitoramento do perfil transversal da praia e zona submarina adjacente (antepraia superior e média) até profundidades d ordem de 4 m. Os perfis foram ajustados ao nível médio do mar empregando método sugerido por MUEHE *et al.*(2003) Os levantamentos tanto na parte emersa como ao longo da zona submarina foram realizados com métodos tradicionais auxiliados por nível, mira e trena.. Na zona submarina a mira foi conduzida por mergulhador e as distancias anotadas por estadimetria até o limite da visada ou alcance do desnivelamento batimétrico.

Com o intuito de comparação entre a morfologia e a classificação morfodinâmica foi empregada a equação proposta por MUEHE (1998) que estabeleceu uma classificação momentânea a partir de parâmetros de espraiamento e período da onda correlacionados a declividade da face da praia, a partir da equação:

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

Onde:

$\beta$  - a declividade da face da praia

D - distância de espriamento da onda na face da praia (m)

$H_b$  - altura da onda na arrebentação (m)

$T_{espr}$  - duração do espriamento da onda na face da praia (s)

T - período das ondas

De forma que:

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

Para avaliação do transporte longitudinal de sedimentos foi medida a direção de incidência das ondas e coletados sedimentos para análise granulométrica. Estas amostras foram coletadas na face da praia e zona de surfe sendo posteriormente analisados granulometricamente por meio de peneiramento a seco sendo os resultados expressos em forma de parâmetros estatísticos das distribuições.

## RESULTADOS

A superposição dos perfis médios de cada ponto de monitoramento mostra que a declividade dos mesmos, no fundo marinho, é praticamente igual ocorrendo diferenças significativas apenas na declividade da porção emersa (Fig. 2). Tais diferenciações permitem distinguir três segmentos: os perfis de 1 a 3 com declividade mais acentuada e menor desenvolvimento de dunas frontais, o perfil 4 com declividade um pouco menor que os precedentes e os perfis 5 e 6 de declividade muito suave e amplo desenvolvimento de dunas frontais.

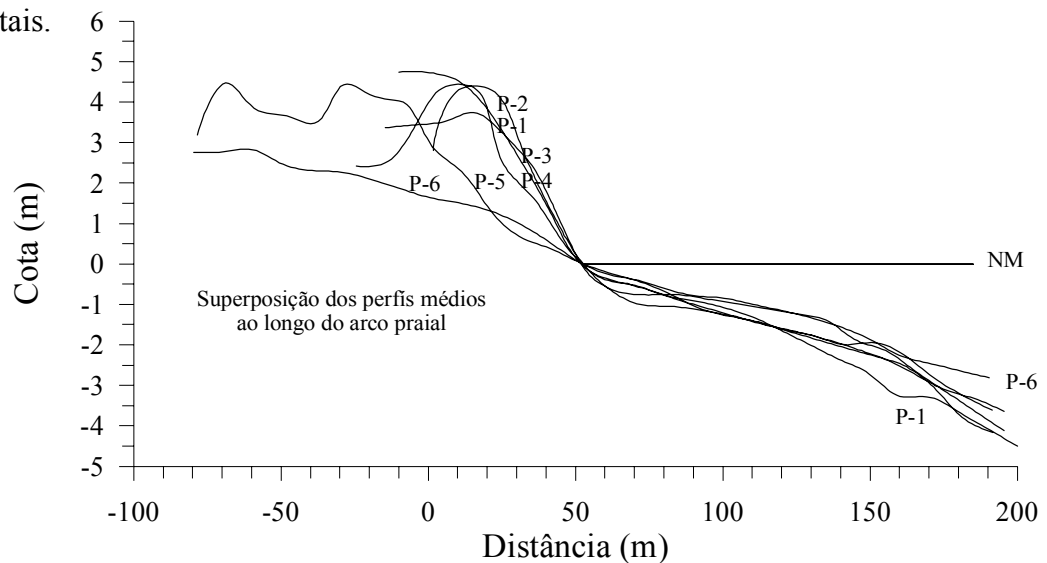


Fig. 2. Superposição dos perfis médios de cada posição de monitoramento

A determinação dos estágios morfodinâmicos confirma a segmentação acima na medida em que os perfis 1 a 3 apresentam um domínio refletivo, caracterizado pelos estágios Refletivo e Terraço de Baixa Mar, o perfil 4, representando uma transição, variando entre os estágios dominantes de Terraço de Baixa Mar e Banco e Calha Longitudinal. A partir de então os perfis 5 e 6 caracterizam o domínio dissipativo com variações entre os estados de Banco e Calha e Dissipativo (Tab. 1).

Tab. 1. Classificação morfodinâmica e direção residual de transporte

Perfil 1									
Class	Refl.	TBM	TBM	TBM	TBM	BCL	TBM	Refl.	Modal
Transp.	+	0	-	+	-	+	-	-	TBM
Perfil 2									
Class	Refl.	Diss.	TBM	TBM	TBM	BCL	Refl.	Refl.	TBM e Refl
Transp.	-	+	-	-	+	-	0	-	-
Perfil 3									
Class		BCL	TBM	TBM	TBM	BCL	TBM	TBM	TBM
Transp.	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Perfil 4									
Class	Refl.	Refl.	BCL	TBM	BCL	TBM	BCL	TBM	TBM a BCL
Transp.			-	-	+	-	-	-	-
Perfil 5									
Class			BCL	Diss.	BCL	Diss.	Diss.	BCL	BCL e Diss
Transp.	-	+	-	+	+	-	-	-	-
Perfil 6									
Class			Diss.	BCL	BT	Diss.	Diss.	BCL	Diss e BCL
Transp.			-	+	-	+	-	+	0

Obs. (+) para Sul, (-) para Norte.

As análises granulométricas (Tab. 2), tanto da face da praia quanto da zona de surfe, mostraram uma diminuição do diâmetro mediano granulométrico do segmento praiial refletivo (perfis 1 a 3) em direção ao segmento dissipativo ao mesmo tempo em que aumento o selecionamento (diminui o desvio padrão) e aumenta ligeiramente a assimetria para as frações mais grossas.

Tab 2. Parâmetros granulométricos da face praial e zona de surfe (Md e  $\sigma$  em  $\phi$ )

Ambiente	Granulom.	Perf. 1	Perf. 2	Perf. 3	Perf. 4	Perf. 5	Perf. 6
Face praial	Md	1,2	0,9	1,2	1,5	1,7	2,4
	Ski	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	-0,2
	$\sigma$	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4
Z.Surfe	Md	2,0	2,3	1,7	2,0	2,5	2,5
	Ski	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3
	$\sigma$	0,7	0,6	0,9	0,7	0,3	0,3

## CONCLUSÃO

As diferenciações morfodinâmicas encontradas indicam ser o resultado de um transporte residual de sedimentos em direção a Norte, através da remoção das frações arenosas mais finas no segmento refletivo e sua deposição nos segmentos de estágios morfodinâmicos intermediários a dissipativos. Parte dessas frações de areias muito finas é novamente removida e transportada em direção à praia por ação das ondas, onde então é transportada pelo vento e incorporada na construção do campo dunas frontais que servem de estoque . O aumento da assimetria negativa dos sedimentos, indicando uma configuração assimétrica em direção à frações relativamente mais grossas dos sedimentos, tanto da zona submarina quanto da praia, corrobora esta interpretação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 palin 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.
- BASTOS, A.C. 1997. 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.).
- BENTES, A. M. L; RIBEIRO, A.Y.; FERNANDEZ, G.B. 1997. Estudo da morfodinâmica de praias compreendidas entre Saquarema e Macaé, RJ. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 3, p. 229-243.
- LESSA, G.C. 1990. Hidráulica e sedimentação do canal de Itajuru - Laguna de Araruama - RJ. *Revista Brasileira de Geociência s*. Vol (11) 45-61.

FERNANDEZ, G.B.; ROCHA, T.B.; PEREIRA, T.G. & FIGUEREDO JR. A.G. 2006. Morfologia e dinâmica da praia entre atafona e grussaí, litoral norte do estado do rio de janeiro. Submetido ao presente simpósio.

MARTIN, L & SUGIO, K. 1989. Excursion route along brazillian coast between Santos and Campos. *International Symposyun on Global Changes in South America during the Quaternary*. Special Publication nº 2. São Paulo. 122p.

MOREIRA DA SILVA. P.M. 1973. A ressurgência em Cabo Frio. IPqM – Ministério da Marinha. 78: 1-56.

MUEHE, D., 1979. Sedimentology and topography of a high energy coastal environment between Rio de Janeiro and Cabo Frio, Brazil. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 51(3):473-481.

MUEHE, D. & DÖBEREINER, C., 1977. Dinâmica do fundo marinho ao longo do pier de Ipanema, Rio de Janeiro. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 49(2):281-286.

MUEHE, D. & VALENTINI. 1998. O litoral do estado do Rio de Janeiro. FEMAR. 135p.

MUEHE, D. SAVI, D.C.; ROSO, R. 2002. Avaliação de método expedito do nível do mar como datum vertical para amarração de perfis de praia. *Revista Brasileira de Geomorfologia* vol (4).

MUEHE, D.; BULHÕES, E. M. R. ROSO, R. & FERNANDEZ, G.B. 2005. Anais do Congresso Internacional de Recursos Hídricos de Países de Língua Portuguesa. Maputo, Moçambique. Artigo completo publicado em CDROM.

SHORT, A. 1999. Handbook of beaches and shoreface morphodynamics. John Wiley and Sons LTD. 379 p.

TURCQ. B.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO, K. & TASAYACO-ORTEGA, L. 1999. Origin and evoluton of Quaternary coastal palin beetween 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: 25-46 pp.