

# EFEITOS MORFOLÓGICOS NAS BARREIRAS COSTEIRAS DO LITORAL CENTRO-NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: RESULTADOS DO EVENTO DE TEMPESTADE DE ABRIL DE 2010

Eduardo Manuel da Rosa Bulhões<sup>1</sup>, Guilherme Borges Fernandez<sup>2</sup>, Thais Baptista da Rocha<sup>3</sup>

## RESUMO

Em Abril de 2010 o litoral fluminense foi severamente afetado por uma ressaca excepcional. Ondulações acima de três metros geradas ao largo da costa incidiram preferencialmente de sudeste, alterando regionalmente a borda oceânica das barreiras costeiras entre Cabo Frio e Macaé. A partir de avaliações de perfis topográficos os resultados mostraram que a parte norte de todos os arcos foi a mais afetada. Em função das características geomorfológicas das barreiras as alterações, porém foram diferentes. Nos arcos de Praia entre o Cabo Búzios e o Cabo Frio, onde as barreiras costeiras estão associadas a dunas frontais notou-se de forma predominante erosão na base das dunas. No Cabo Búzios, onde as praias são encaixadas e expostas a diferentes direções de ondas, as praias voltadas para o quadrante sul foram mais afetadas com erosão na base das dunas e recuo da escarpa erosiva. Na borda voltada para o quadrante norte as praias não sofreram alterações e alguns arcos sofreram sedimentação. No litoral entre Rio das Ostras e Macaé os resultados mostraram forte recuo da escarpa erosiva e dissecação de lagunas no reverso da barreira.

**Palavras chave:** erosão costeira; ressaca; litoral fluminense.

## ABSTRACT

In April 2010 the coastline of Rio de Janeiro was affect by a anomalous storm. Waves higher than 3 meters reach the littoral, during more than 80 hours. The morphological effect along the coast by this storm is the main objective of this work. The results showed that differences in terms of the type of the effect are associated of morphological characteristics of the barriers. In the beaches between Cape Buzios and Cabo Frio, where barriers are associated with coastal foredunes was noted in a predominant erosion at the base of the dunes. At Cape Buzios, where the beaches are em exposed to different directions of waves, the beaches facing the southern quadrant were more affected with erosion at the base of the dunes and erosive retreat of the escarpment. At the edge toward the quadrant north of the beaches have not changed and some arches suffered sedimentation. On the coast between Rio das Ostras and Macaé the results showed strong erosive scarp retreat and dissection of lagoons on the reverse of the barrier.

**Keywords:** coastal erosion; storm ; coast of Rio

<sup>1</sup>Professor Assistente do Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense. Doutorando do Programa de Pós Graduação de Geofísica e Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense. E-mail: eduardomrbulhoes@me.com

<sup>2</sup>Professor Adjunto do Departamento de Geografia / Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense. E-mail: guilherme@igeo.uff.br

<sup>3</sup>Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: thaisitc5@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

Eventos catastróficos associados a ressacas são causados por tempestades excepcionais, ou furacões, tufões ou ciclones, que representam um dos principais elementos de alteração morfológica em curto período de feições costeiras submetidas prioritariamente a ação das ondas. Para efeitos de descrição destes eventos, normalmente é feita uma categorização em função de determinados parâmetros como tempo de ocorrência, a altura máxima das ondas, direção e intensidade do vento, e principalmente os efeitos na linha de costa. Em relação aos furacões, por exemplo, a classificação é feita pela escala Saffir-Simpson, atualizada recentemente, que discretizam estes eventos em escala crescente de intensidade de 1 para 5 (NOAA, 2010). Em relação às tempestades, na costa americana Dolan e Davis (1992) formularam a partir de análises de sistemas frontais do quadrante Nordeste (NE), uma classificação em mesma escala e os efeitos morfológicos na linha de costa.

Os efeitos de alteração morfológica na linha de costa associados a estes eventos na costa Atlântica dos Estados Unidos foram sumarizados por Sallanger (2000) e Morton e Sallanger (2003), que identificaram seis elementos de alteração morfológica entre feições erosivas e deposicionais. As três feições erosivas identificadas são: erosão de dunas frontais, incisão de canais e *washouts*. Em relação aos dois primeiros ambos são facilmente identificados morfológicamente, porém o último é mais difícil de descrever ou mesmo traduzir. Por *washout* se entende por ser o oposto de *overwash* normalmente traduzido por leques de transposição, que ocorre quando ondas de tempestade alcançam o topo das barreiras costeiras frontais depositando sedimentos no reverso. Desta forma *washout* seria o resultado da drenagem de áreas alagadas localizadas no reverso das barreiras costeiras, através de cortes formados pela ação das ondas, com sedimentos disponibilizados em direção ao oceano. Este efeito raro normalmente está associado a áreas alagadas ou lagunas estabelecidas em cotas mais elevada que o nível médio do mar (Pierce, 1970) que por ocasião de eventos de tempestade são rapidamente drenados em direção ao mar. Nas feições deposicionais foram descritos terraços e leques de transposição, estes os mais comuns, além de lineamentos contínuos em lençol e leques de agradação (Morton e Sallenger, 2003).

Exemplos identificados dos efeitos morfológicos causados por eventos de alta energia podem ser obtidos em diversos trabalhos, não somente em relação a erosão como em relação a recuperação morfológica dos ambientes costeiros. Alterações fisiográficas que mostram efeitos erosivos e recuperação subsequente foram descritos por Otvos (2004) para a costa do

Mississippi e na Louisiana, ambas nos Estados Unidos, utilizando fotografias aéreas e oblíquas, além de levantamentos topográficos transversais as ilhas barreira impactadas.

Wang *et al.* (2006) analisou os efeitos de erosão e recuperação na passagem do furacão Ivan. Os efeitos identificados em ilhas barreira na costa da Florida mostraram efeitos erosivos regionais, em que foram descritos todos os elementos de alterações apresentados por Sallenger (2000). Os autores ainda documentam a rápida recuperação nas feições de praia e pós praia, observadas 30 dias e três meses após o evento, a partir de perfis topográficos transversais a costa e trincheiras na berma, mostrando a notória agradação vertical e horizontal destes perfis.

Houser *et al.* (2008) mostraram diferenças significativas nos impactos observados em dunas costeiras na Florida e Alabama (EUA), como resultado da passagem do furacão Alicia, através de análises de fatores distintos, associados a diferenças fisiográficas, características da plataforma interna e na largura das ilhas barreira. Por último, o recente trabalho de Priestas e Fragherazzi (2010), também no litoral da Florida (EUA), mostra os efeitos do furacão Dennis tanto em relação à erosão como na recuperação morfológica em ilhas barreira e dunas costeiras.

Eventos desta natureza, isto é associação de ressacas excepcionais com efeitos morfológicos são raros, e dificilmente são documentados no litoral fluminense. O trabalho de Muehe *et al.* (2001) é uma exceção, em que documenta a ressaca ocorrida em maio de 2001, nos processos de alteração da topografia transversal da praia da Massambaba em Arraial do Cabo, nas proximidades do Cabo Frio. Este evento provocou a erosão significativa das dunas frontais, além de documentação de formação de leques de transposição e bancos arenosos na zona submarina. O mesmo evento foi documentado por Lins de Barros (2005) sob enfoque de perdas materiais e de benfeitorias urbanas, para um arco de praia mais a oeste, quantificando os prejuízos financeiros causados pela ressaca.

Os efeitos catastróficos associados a eventos pluviométricos extremos ocorridos no Recôncavo da Guanabara durante o início do mês de abril foram amplamente divulgados, principalmente aqueles que resultaram em deslizamentos de encostas e enchentes, causando mortes e transtornos principalmente para cidade do Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo. Entretanto após a tempestade formou-se uma ressaca excepcional, que afetou parte do litoral centro-norte do estado do Rio de Janeiro entre os dias 08 e 12 de abril. Desta forma, o objetivo fundamental deste trabalho configurou-se por descrever os principais impactos morfológicos observados em 28 pontos de monitoramento de perfis transversais a costa, distribuídos entre o Cabo Frio e a cidade de Macaé (Figura 1).

## **METODOLOGIA**

A mensuração da ressaca ocorrida em abril de 2010 foi determinada a partir dados de ondas e ventos simulados através do modelo WaveWatch III. As características deste modelo resultam da equação de conservação da energia espectral ('spectral action energy') e inclui geração de energia pelo vento, dissipação devido à quebra de ondas em alto mar e à fricção com o fundo, refração, advecção e interações não lineares, incorporando ainda as variações espaço-temporais no campo de ondas. As simulações geram dados de previsão para até 120 horas utilizando dados de vento a 10 metros acima da superfície, espaçamento de grade de um grau, cobrindo todo o oceano entre as latitudes 78° Sul a 78° Norte, e a saída é dada em 36 direções para ondas com períodos entre 1 e 25 segundos (TOLMAN, 1999). A física do modelo não se adequa a propagação quando em águas intermediárias a rasas e os resultados saem com intervalos de 3 em 3 horas.

Com o objetivo de representar este evento excepcional foi caracterizado a ocorrência de ondas num intervalo de 8 anos cobrindo os meses entre março de 2003 a maio de 2010. Desta forma os resultados obtidos foram estatisticamente apresentados de maneira a se caracterizar o clima de ondas e a anormalidade da tempestade. Para as características do evento em questão foi considerado o momento de início do evento, a partir do momento em que as ondas em alto mar ( $H_o$ ) ultrapassaram a altura de três metros, considerando esta intensidade uma ondulação muito forte. Para o fim do evento configurou-se o momento em que as ondas em alto mar deixam de apresentar alturas superiores a três metros, passando para uma fase pós-ressaca.

Para descrição dos efeitos morfológicos foram utilizados perfis topográficos transversais realizados ao longo da costa a costa descritos nos trabalhos de Fernandez et al. (2006) e Pereira et al. (2008a) para a Praia de Cabo Frio; Pereira et al. (2008b) para o arco de Praia do Peró; Bulhões e Fernandez (em prep.) para o Cabo Búzios; Santos et al. (2008) para Rio das Ostras e Mar do Norte. Estes trabalhos nortearam as condições modais de comportamento morfodinâmico e pré tempestade obtidos até fevereiro de 2010. Todas as praias têm pelo menos 12 levantamentos. A Aquisição dos dados sob condições de tempestade foram adquiridos entre os dias 9 e 11 de abril, isto é durante a ocorrência do evento.

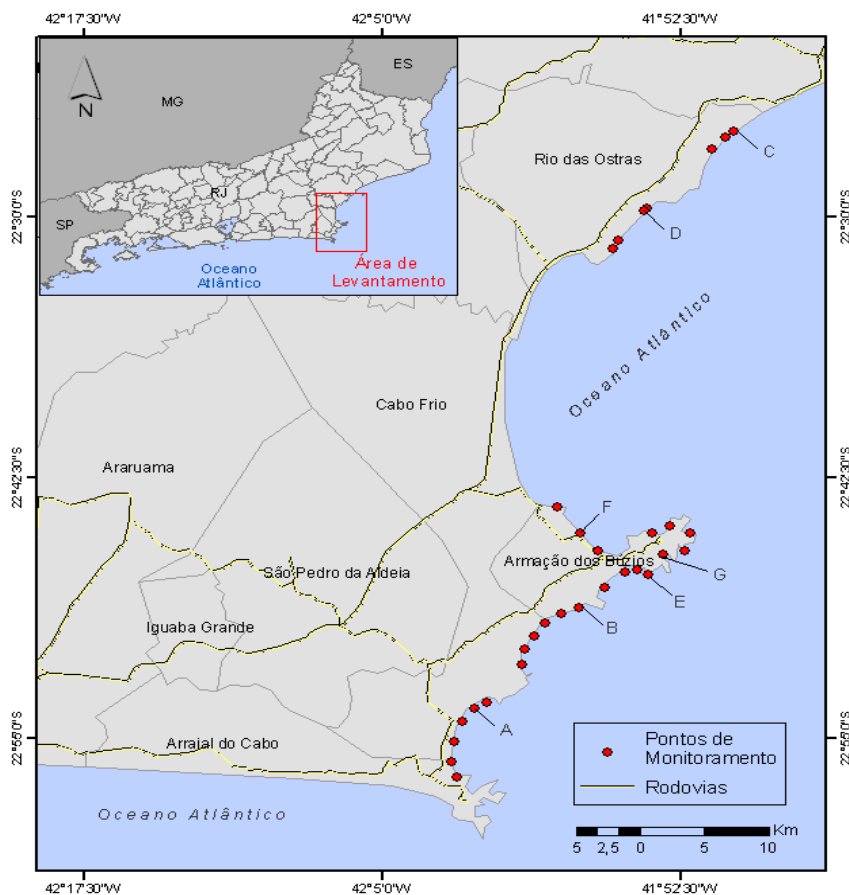


Figura1: Área de localização, com a indicação dos pontos de monitoramento. As letras referem-se aos perfis mais representativos expostos nos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Caracterização das condições de Onda no evento de Abril/2010

Os resultados dos parâmetros de ondas que caracterizam as condições de direção das ondas estão expostos na Tabela 1. Os resultados mostram que não existe uma direção preferencial das direções de ondas. O percentual mais representativo foi observado para ondas de direção Sul, com valores próximos a 27%. Valores de E e ENE se somado seriam obtidos valores ajustados ao percentual observado de sul. É interessante notar que quando foram gerados dados médios de ondas e ventos para o período analisado se percebe que apesar da maior frequência de ventos de NE as ondas do quadrante Sul se destacam para a área de estudo (Figura. 2). Em relação à ocorrência de ondas entre 2003 e 2010 a Tabela 2 mostra que as alturas mais comuns no litoral analisado estão no intervalo de 1,0 a 2,0 metros com mais de

70 % de ocorrência. Ondas com alturas superiores a 3,0 metros ocorrem apenas em 2% de todo o período observado. Estes dados estão de acordo com o recente trabalho de o que corrobora com dados de Pianca et al. (2010), que mesmo regionalmente avaliando as ondas ao largo da área de estudo, chegaram a valores próximos ao demonstrado nos resultados aqui obtidos.

Tabela 1 – Frequência da distribuição da direção das ondas (2003- 2010).

| Direção | Ângulo | Contagem | Percentual (%) |
|---------|--------|----------|----------------|
| NE      | 45     | 364      | 2,02           |
| ENE     | 67.5   | 2397     | 13,28          |
| E       | 90.0   | 2516     | 13,94          |
| ESE     | 112.5  | 2390     | 13,24          |
| SE      | 135    | 2144     | 11,87          |
| SSE     | 157.5  | 2075     | 11,49          |
| S       | 180    | 4894     | 27,11          |
| SSW     | 202.5  | 1226     | 6,79           |
| SW      | 225    | 42       | 0,23           |
| WSW     | 247.5  | 2        | 0,01           |

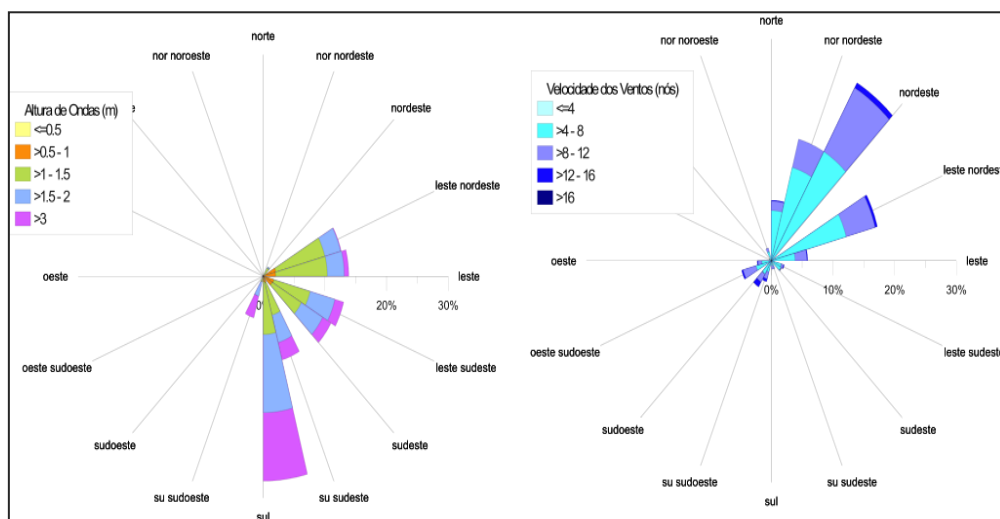


Figura. 2: Distribuição das ondas (a esq.) e ventos (dir.) para o litoral centro norte do estado do Rio de Janeiro entre 2003 e 2010.

O evento de abril de 2010 está representado na Figura 3, em que a tempestade teve alturas superiores a 3 metros com altura de pico superiores a 5 metros, ocorrendo por 84 horas. As ondas geradas foram associadas a direções SSE (Figura 4 ). O tempo de ocorrência e as

alturas obtidas, quando relacionadas as tempestades de NE podem ser classificadas como grau 4 forte durante parte do evento, ou furacão 4 fraco de acordo com furacão, na classificação norte americana.

Tabela 2: Frequência de alturas de ondas (2003-2010)

| Intervalo de Altura de Ondas (m) | %     |
|----------------------------------|-------|
| < 0.5                            | 0,05  |
| entre 0.5 e 1.0                  | 8,66  |
| entre 1.0 e 1.5                  | 40,73 |
| entre 1.5 e 2.0                  | 31,01 |
| entre 2.0 e 2.5                  | 11,80 |
| entre 2.5 e 3.0                  | 5,60  |
| > 3.0                            | 2,07  |
| >4.0                             | 0,17  |

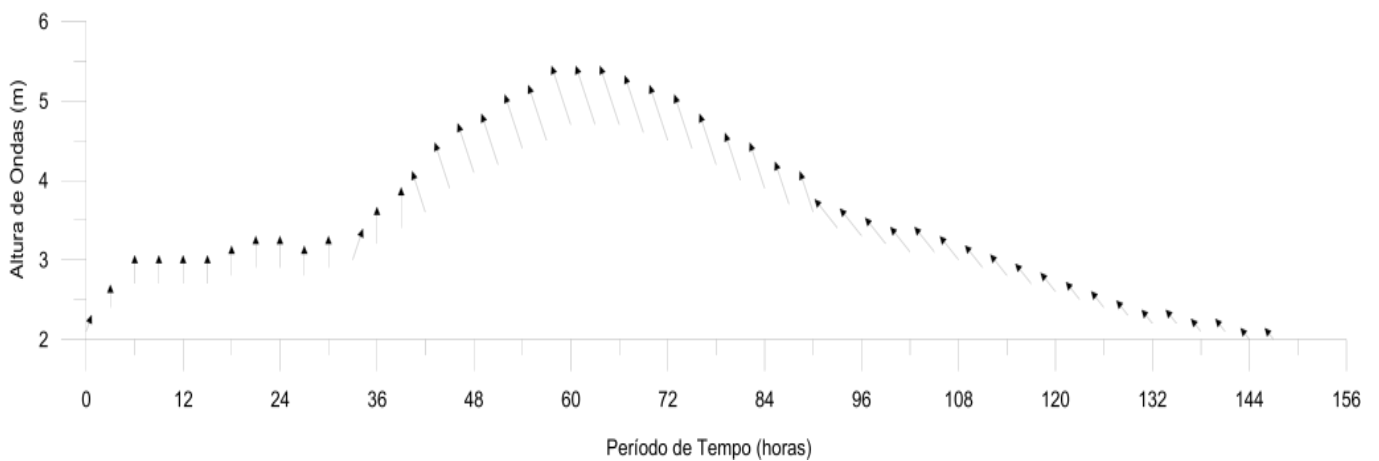


Figura 3: Duração da tempestade a partir da ocorrência de 2 metros de altura de ondas.

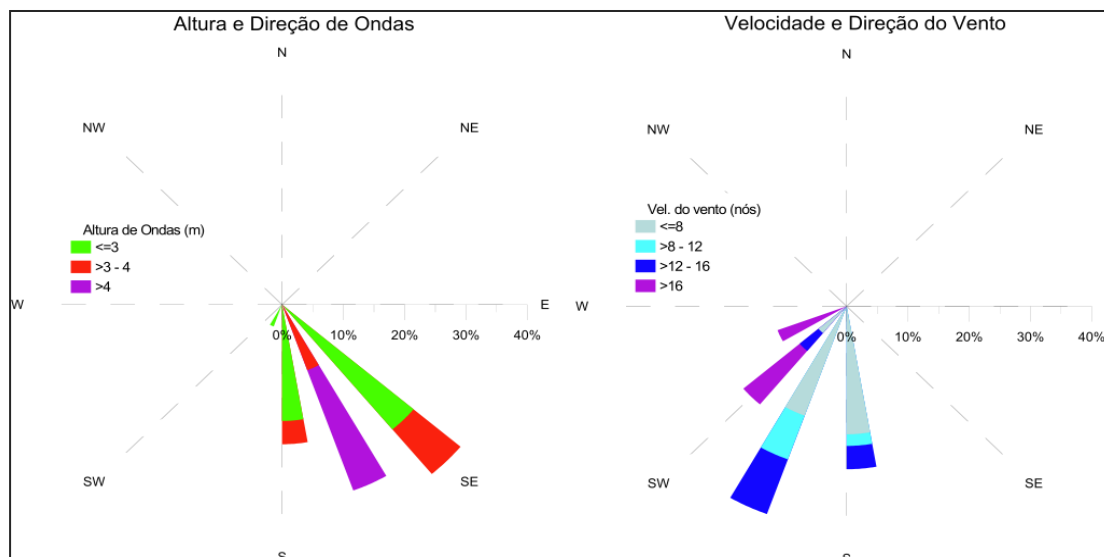


Figura 4: Distribuição percentual das alturas de ondas e representação percentual, no evento de abril de 2010 (esq.). A direita a distribuição e velocidade dos ventos.

## MAPEAMENTO DAS RESPOSTAS MORFOLÓGICAS

### a) Cabo Frio – Perú

Os principais efeitos morfológicos nas barreiras compreendidas entre o Cabo Frio e Perú foram resultado da ação erosiva nas praias e na base das dunas frontais (Figura 5). As características dissipativas nestas praias, provavelmente criam condições de aumento da dissipação da energia das ondas, acentuando tal característica pela remoção de sedimentos da parte emersa para a zona submarina. Como nesta tipologia de praia a maior parte da sedimentação está concentrada na zona de surfe, os efeitos no perfil subaéreo são pouco notados. Ainda assim, conforme mostra a figura 6, a erosão da praia apresenta-se marcada nos dois perfis, e o recuo da escarpa apresentou-se mais significativo no Perú, indicando recuo da linha de dunas frontais. Não foram observados efeitos associados à transposição nem washout, provavelmente em função da altura das dunas e da dissipação da energia na zona de surfe.

De acordo com a tabela 3, apenas os perfis localizados mais ao Sul dos seus respectivos embaiamentos (P3 e P1 Sul) não apresentaram mudanças morfológicas significativas, uma vez que encontram-se mais protegidos das ondulações do quadrante Sul (ver Figura 1).





Figura 5: Fotografia ilustrando a erosão das dunas frontais e da praia durante O evento de tempestade.

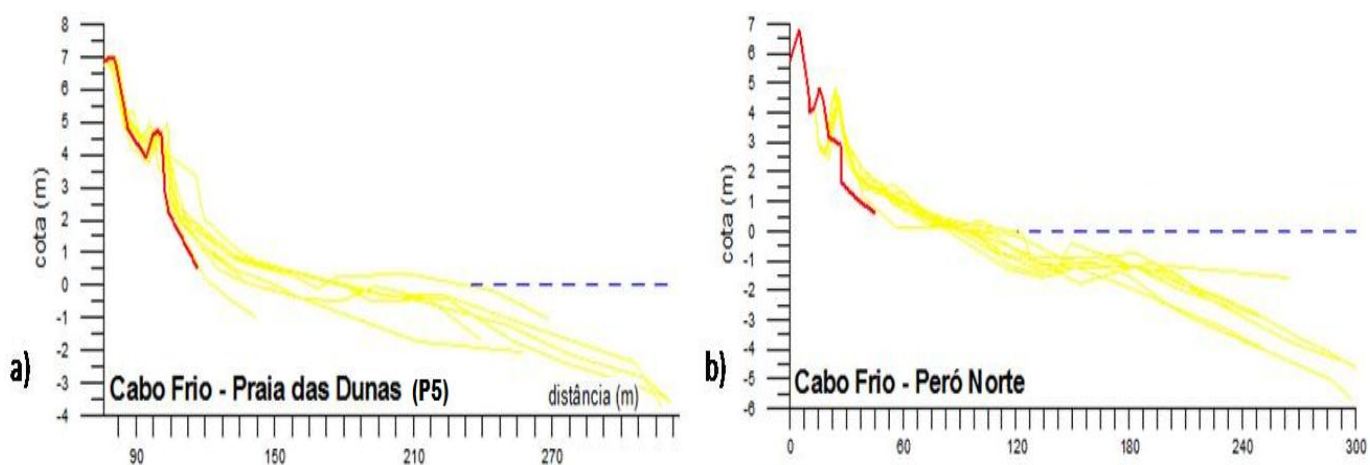


Figura 6: Resultado Morfológico do perfil de tempestade (em vermelho), em comparação com o envelope de perfis de monitoramento.

Tabela 3: Resultados morfológicos do evento de tempestade. (ED: Erosão de dunas; RE: Recuo da escarpa; EP: Erosão de Praia; TRANSP: Transposição (Washover); WSH/IC: Washout/Incisão de canal

| Área              | Efeitos |     |     |        |        |
|-------------------|---------|-----|-----|--------|--------|
|                   | ED      | RE  | EP  | TRANSP | WSH/IC |
| <b>Cabo Frio</b>  |         |     |     |        |        |
| P3                | não     | não | não | não    | não    |
| P4                | sim     | sim | sim | não    | não    |
| P5                | sim     | sim | sim | sim    | não    |
| P6                | sim     | sim | sim | sim    | não    |
| <b>Peró</b>       | ED      | RE  | EP  | TRANSP | WSH/IC |
| P1 - Sul          | não     | não | não | não    | não    |
| P2 - Centro Sul   | sim     | sim | sim | não    | não    |
| P3 - Centro Norte | sim     | sim | sim | não    | não    |
| P4 Norte          | sim     | sim | sim | não    | não    |

## b) Cabo Búzios

Por se tratar de um cabo, Búzios apresenta distintos alinhamentos de costa, preferencialmente voltados para N-NW e para S-SE. Além disto, suas características geológicas configuram distintas características de praia e de grau de exposição a ondas, como praias abrigadas e expostas, desta forma, as respostas morfológicas a tal evento também se apresentaram de forma distintas.

As praias de Geribá e Tucuns apresentaram as mais significativas modificações morfológicas, justamente por serem praias expostas e estarem diretamente voltada para o quadrante SE. Assim como no arco de Cabo Frio, os principais efeitos mapeados foram a erosão subaérea das praias, erosão das dunas e, menos efetivo, o recuo da escarpa. De todas as praias deste cabo, Geribá foi à única que apresentou efeitos deposicionais oriundos de transposição (washover) (Figura 7 e tabela 4). Tal fato pode ser explicado pelo suave gradiente de face da praia e baixa altimetria das dunas frontais, permitindo maior eficiência dos efeitos de espraiamento das ondas.

As praias da Ferradura e Brava são as praias abrigadas deste setor da costa voltada para SE. Apesar de serem mais protegidas, a magnitude deste evento foi suficiente para gerar efeitos semelhantes aos encontrados nas praias efetivamente expostas, com destaque para a erosão da base das dunas. Já as praias voltadas para o N-NW (Centro e Manguinhos) não apresentaram mudanças morfológicas efetivas. Ainda assim, o aumento da altura das ondas em função das ondulações de SE, provocaram erosão nas praias. Na figura 8, é possível

verificar a formação de um pequeno banco próximo à face da praia de Manguinhos e um pequeno aumento do estoque sedimentar na zona submarina, em função da erosão da parte subaérea da praia.



Figura 7: Fotografia da praia de Geribá, indicando os efeitos de transposição sobre as dunas e quase ausência da feição de praia (berma).

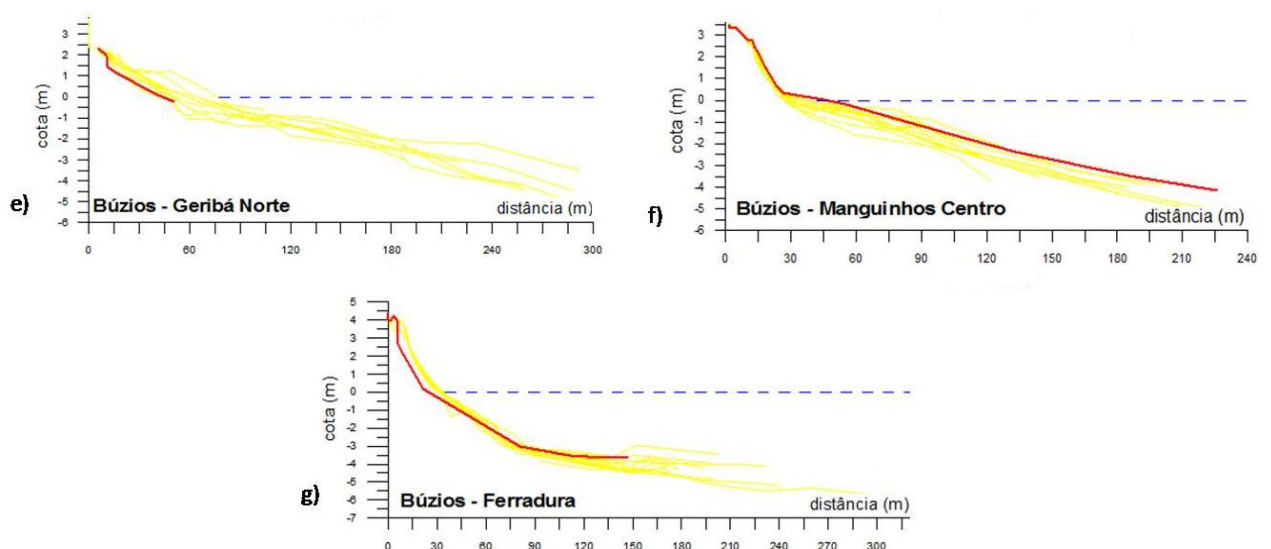


Figura 8: Resultado Morfológico do perfil de tempestade (em vermelho), em comparação com o envelope de perfis de monitoramento.

Tabela 4: Resultados morfológicos do evento de tempestade. (ED: Erosão de dunas; RE: Recuo da escarpa; EP: Erosão de Praia; TRANSP: Transposição (Washover); WSH/IC: Washout/Incisão de canal

| Área         | Efeitos |     |     |     |        |
|--------------|---------|-----|-----|-----|--------|
|              | Búzios  | ED  | RE  | EP  | TRANSP |
| Tucuns N     | sim     | sim | sim | não | não    |
| Tucuns S     | sim     | sim | sim | não | não    |
| Geribá S     | sim     | sim | sim | sim | não    |
| Geribá N     | sim     | sim | sim | sim | não    |
| Ferradura    | sim     | sim | sim | não | não    |
| Brava        | sim     | sim | sim | não | não    |
| Centro S     | não     | não | sim | não | não    |
| Centro N     | não     | não | sim | não | não    |
| Manguinhos S | não     | não | sim | não | não    |
| Manguinhos C | não     | não | sim | não | não    |
| Manguinhos N | não     | não | sim | não | não    |

### c) Rio das Ostras – Macaé

Os efeitos observados nos arcos de praia entre Macaé e Rio das Ostras foram os mais significativos. Por se tratarem de praias essencialmente refletivas, apresentando gradientes e zona de surfe reduzida, as ondas dissipam menos energia e arrebentam com intensidade muito próxima à face da praia, levando à erosão significativa da praia subaérea e sedimentação na zona submarina.

Especificamente neste evento houve desaparecimento por completo da feição de praia, formando escarpas erosivas superiores a 6 metros. O desaparecimento da praia associado ao recuo da berma de tempestade provocou a remoção horizontal de mais de 40 m neste arco (Figura 9). Além disto, observou-se a transposição da barreira costeira, com agradação vertical de aproximadamente 30 cm no topo.

Necessário ressaltar que a remoção sedimentar observada na parte mais ao norte deste arco provocou a formação de washout, ou seja, a barreira foi completamente erodida e a laguna formada no reverso da feição escoou em direção ao mar (Figura 10). Os efeitos morfológicos foram menos sentido em Mar do Norte, embora também tenha sido mapeado recuo da escarpa de praia (Tabela 5).

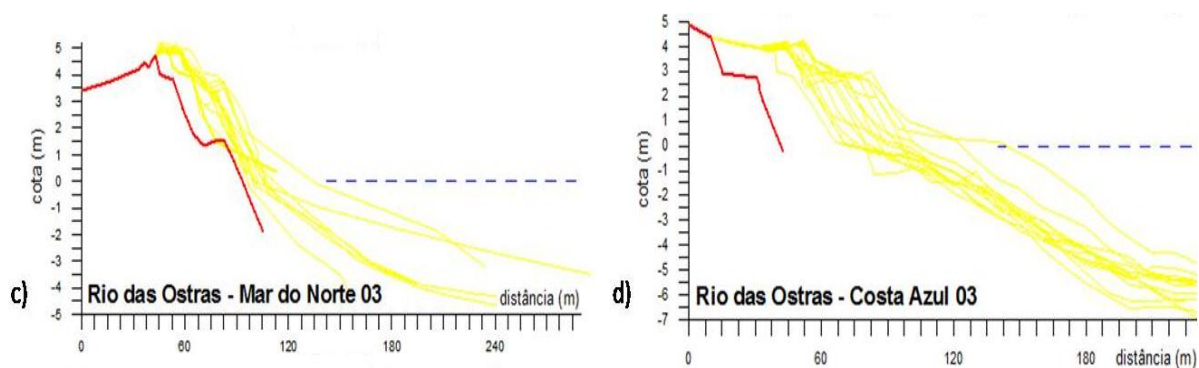


Figura 9: Resultado Morfológico do perfil de tempestade (em vermelho), em comparação com o envelope de perfis de monitoramento.



Figura 10: Barreira rompida com formação de washout.

Tabela 5: Resultados morfológicos do evento de tempestade. (ED: Erosão de dunas; RE: Recuo da escarpa; EP: Erosão de Praia; TRANSP: Transposição (Washover); WSH/IC: Washout/Incisão de canal)

| Área (Rio das Ostras / Macaé) | Efeitos |     |     |        |        |
|-------------------------------|---------|-----|-----|--------|--------|
|                               | ED      | RE  | EP  | TRANSP | WSH/IC |
| <b>Costa Azul</b>             |         |     |     |        |        |
| P1 - Sul                      | não     | sim | sim | sim    | não    |
| P2 - Centro                   | não     | sim | sim | sim    | não    |
| P3 - Norte                    | não     | sim | sim | sim    | sim    |
| <b>Mar do Norte</b>           |         |     |     |        |        |
| P1 - Sul                      | não     | sim | sim | não    | não    |
| P2 - Centro                   | não     | sim | sim | não    | não    |
| P3 - Norte                    | não     | sim | sim | não    | sim    |

## CONCLUSÃO

1. A tempestade de 2010 em função das condições anômalas em relação principalmente a duração e altura das ondas, se configurando como sendo um evento excepcional.
2. Os efeitos morfológicos diferenciados entre os arcos é resultado de diferenças em relação ao alinhamento destas barreiras em relação a tempestade.
3. Todas as barreiras e praias foram de alguma forma alteradas, sendo a forma mais comum a erosão das praias. Particularmente os arcos compreendidos entre Rio das Ostras foram mais severamente afetados em relação a este efeito, provavelmente em função da maior exposição as ondas do quadrante SSE.
4. Os efeitos associados a transposição também foi identificado em parte da região. No arco de Geribá a ocorrência de transposição, se deve a baixa altura das dunas. Os mesmos efeitos observados em Rio das Ostras, porém resultado da menor dissipação das ondas, em função de se tratarem de praias refletivas.
5. A erosão na base das dunas no Perú e em Cabo Frio é resultados da incidência direta das ondas removendo quase toda a praia atingindo a base das feições eólicas, o que mostra que o estoque sedimentar das dunas é elemento fundamental na proteção natural a costa exercida pelas dunas.
6. A formação de *washout* ocorreu apenas em Rio das Ostras na parte mais ao norte, o que é interessante do ponto de vista geomorfológico pela raridade da ocorrência. Na verdade a ocorrência de feições transgressivas afogando a rede de drenagem cria áreas bastante susceptíveis a erosão.
7. As praias do Cabo Búzios apesar de serem mais protegidas também tiveram importantes alterações com destaque à praia da Ferradura onde houve erosão severa da base das dunas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERJ os recursos necessários para a realização deste trabalho através do Edital Jovem Pesquisador 2009 – 2011 para Guilherme Fernandez. Eduardo Bulhões e Thais Rocha agradecem a CAPES pela concessão de bolsa de Doutorado.

## REFERÊNCIAS

- DOLAN, R., DAVIS, R.E. **An intensity scale for Atlantic northeast storms.** *Journal of Coastal Research* 8, 352–364. 1992.
- FORBES D.L., PARKES G.S., MANSON G. K., KETCH L. A. **Storms and shoreline retreat in the southern Gulf of St. Lawrence.** *Marine Geology* (210) 169–204. 2004.
- FERNANDEZ, G.B. **Indicadores Morfológicos para a Origem e Evolução das Barreiras Arenosas Costeiras no Litoral do Estado do Rio de Janeiro.** *VII Simpósio Nacional de Geomorfologia / III Encontro Latino-Americano de Geomorfologia.* Belo Horizonte, BH. 2008
- HOUSER C., HAPKER C., HAMILTON S. **Controls on Coastal Dune Morphology, Shoreline Erosion and Barrier Island Response to Extreme Storm.** *Geomorphology*, 100. 223-240. 2003.
- LINZ-DE-BARROS, F.M. **Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 6 Número 2, p 83-90. 2005.
- MORTON, R.A. E SALLENGER A.H.Jr. **Morphological Impacts of Extreme Storm on Sandy Beachs and Barriers.** *Journal of Coastal Research* (19) 3. 560-573. Summer 2003.
- 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, p 53-57. 2003.
- MUEHE, D.; FERNANDEZ, G.F. & SAVI, D.C. **Resposta morfodinâmica de um sistema praia-antepraia a oeste do cabo frio exposto às tempestades de maio de 2001.** *VIII Congresso da ABEQUA.* Mariluz, Imbé, RS. 63-64. 2001.
- OTVOS E.G. **Beach Aggradation Following Hurricane Landfall: Impact Comparisons from two Contrasting Hurricanes, Northern Gulf of Mexico.** *Journal of Coastal Research* (20) 1. 326-339. Winter 2004.
- PEREIRA, T. G; ROCHA, T.B; FERNANDEZ, G.B. **Geomorfologia e Morfodinâmica Costeira da Planície entre Cabo Frio e Arraial do Cabo – RJ.** *VII Simpósio Nacional de Geomorfologia / III Encontro Latino-Americano de Geomorfologia.* Belo Horizonte, BH. 2008.
- PEREIRA, T. G ; CORREA, W.B.; ROCHA, T.B; FERNANDEZ, G.B **Considerações sobre a Morfodinâmica Costeira e da Morfologia Submarina no Arco de Praia do Peró, litoral do Rio de Janeiro.** *VII Simpósio Nacional de Geomorfologia / III Encontro Latino-Americano de Geomorfologia.* Belo Horizonte, BH. 2008



PIECE, J.R. **Tidal Inlets and Washover Fans.** *Journal of Geology*, 78, 230-234. 1970.

PRIESTAS A.M. E FAGHERAZZI S. **Morphological Barrier Island Change and Recovery of Dunes after Hurricane Dennis, St. George Island, Florida.** *Geomorphology* (114) 614-626, 2010.

SALLENGER, A.H.. **Storm impact scale for barrier islands,** *Journal of Coastal Research*, 16(3), pp. 890–895. 2000.

SANTOS, R.A. ; ROCHA, T.B; PEREIRA, T. G; FERNANDEZ, G.B **Considerações sobre a Morfodinâmica de Praia e Sedimentação Submarina no Município de Rio das Ostras (RJ).** *VII Simpósio Nacional de Geomorfologia /III Encontro Latino-Americano de Geomorfologia.* Belo Horizonte, BH. 2008.

WANG P., KIRBY J.H., HABER J.D., HORWITZ M.H, KNORR P.O., KROCK J.R. **Morphological and Sedimentological Impacts of Hurricane Ivan and Immediate Poststorm Beach Recovery along the Northwestern Florida Barrier Island Coasts.** *Journal of Coastal Research* (22) 6. 1382-1402. November 2006.