

*Resposta de uma praia arenosa a um evento  
de ressaca do mar: o caso da Praia do Icarai  
(Caucaia, Ceará, Brasil)*

*Response of a sandy beach a storm surge event: the case of  
Icarai Beach (Caucaia, Ceará, Brazil)*

*Respuesta de una playa arenosa a un evento de resaca del  
mar: el caso de la Playa de Icarai (Caucaia, Ceará, Brasil)*

Davis Pereira de Paula  
Universidade Estadual do Ceará  
davispp@yahoo.com.br

Carlos de Araújo Farrapeira Neto  
Universidade Federal do Ceará  
carlosfarrapeira@gmail.com

---

**Resumo**

Este trabalho tem por objetivo de analisar as variações morfodinâmicas da Praia do Icarai durante um evento de ressaca do mar, ocorrido entre os meses de janeiro e fevereiro de 2014. Foram realizadas campanhas diárias de campo para coleta de dados topográficos e sedimentares. Além disso, foram coletadas informações oceanográficas (ondas, marés e ventos). O estado morfodinâmico modal da Praia do Icarai foi determinado a partir de quatro índices morfodinâmicos, sejam eles: o Parâmetro Adimensional Ômega, o Parâmetro Escalar de Arrebentação, o Parâmetro Relativo de Maré e o Índice de Praia. De forma geral, o principal agente indutor das alterações morfológicas na Praia do Icarai, durante o evento de ressaca do mar, foi a onda. A dominância sedimentar se deu por areias médias variando a grossas. O estágio morfodinâmico dissipativo foi predominante durante a ressaca do mar, porém algumas pequenas alternâncias foram observadas para estágios intermediários e refletivos (em menor grau). Por fim, verificou-se que a utilização de índices morfodinâmicos fornece subsídios para o planejamento e gestão urbana em ambientes praias.

**Palavras-chave:** Morfologia costeira; Litoral de mesomaré; Eventos de alta energia.

---

### Abstract

The objective of this research is to analyze the morphodynamic variations of Icarai Beach during an undertow event, which took place between January and February of 2014. In order to collect topographic and sedimentary data, daily field campaigns were performed. In addition, oceanographic information of waves, tides and wind were collected. The modal morphodynamic state of Icarai Beach was determined from four morphodynamic indexes: Omega parameter (Dimensionless fall velocity -  $\Omega$ ), the Surf Scaling Parameter, the Relative Tide Range Parameter, and the Beach index. Overall, the main inducing agent of the morphological changes in Icarai Beach during the undertow event was the wave. The sedimentary dominance in sands ranged from medium to coarse. The dissipative morphodynamic stage was prevalent during the undertow, though some minor alternations were observed for intermediate and reflective stages (to a lesser extent). Finally, the research concludes that the use of morphodynamic index provides sources for planning and urban management in ambiances of beach terrain.

**Keywords:** Coastal morphology; Mesotidal coasts; High-energy events.

---

### Resumen

En el presente trabajo se analizan los cambios morfo-dinámicos de la Playa de Icarai ocurridos entre los meses de enero y febrero de 2014, durante un episodio de ressaca do mar. Para ello se realizaron trabajos de campo, tomándose datos diarios de carácter topográfico, sedimentario y oceanográfico (oleaje, mareas y vientos). El estado morfo-dinámico modal de la Playa de Icarai se determinó a partir de cuatro índices: el Parámetro Adimensional Omega, el Parámetro Escalar de Rotura de las Olas, el Parámetro Relativo de Mareas y el Índice de Playa. De los resultados obtenidos por nuestra investigación se concluye que, durante los episodios de ressaca do mar, el principal agente inductor de los cambios morfológicos en la Playa de Icarai es el oleaje; que el estándar sedimentario corresponde a arenas de tamaño medio variando a grueso; y que el estado morfo-dinámico disipativo es el predominante, aunque se observan algunas pequeñas alternancias para estados intermedios y reflexivos (en menor grado). Por último se verifica que el uso de índices morfo-dinámicos proporciona criterios adecuados para la planificación y la gestión de las playas urbanas.

**Palabras-clave:** Morfología costera; Litoral meso-mareal; Eventos de alta energía

---

## Introdução

As praias resultam basicamente da interação entre as ondas e os sedimentos, associadas à interação da agitação marítima que se propaga ao longo desses ambientes. Logo, é importante conhecer a batimetria e a distribuição dos sedimentos em domínio submerso adjacente ao local de estudo (DALRYMPLE, 1992). Ao aproximar-se da costa, a onda é sujeita a um conjunto de fenômenos (em que se destacam a refração e a difração), que resultam da interação da onda com o fundo (relevo submarino). Assim, a onda é sujeita, entre outros, a modificações da direção de propagação, a fenômenos de empolamento e a eventuais episódios de perda de energia.

Como efeito da interação onda e morfologia, há ocorrência de pontos de concentração de energia e trechos com dispersão de energia de ondas. Outra resultante

proveniente da interação das ondas com o fundo é o transporte sedimentar ao longo da zona de surfe, resultando em alterações morfológicas no perfil da praia (HATTORI e KAWAMATA, 1980; LARSON, 1988).

Um pressuposto importante é que as mudanças morfológicas na praia são induzidas, especialmente, pela quebra de ondas, sejam de curto período (5s-12s) ou de longo período (até 20s), produzindo mudanças em sua forma e robustez (DEAN, 1973; KOMAR, 1976; SHORT, 1979; WRIGHT et al., 1979, 1983 e 1984; MASSELINK e PATTIARATCHI, 2001). Assim, as alterações impostas à morfologia da praia ajudam a identificar os processos que governam as alterações no perfil morfológico de uma praia.

Hattori e Kawamata (1980) avaliaram as mudanças no perfil de praia a partir da direção do transporte de sedimento dentro e fora da zona de surfe, classificando as praias em três tipos principais: a) tipo I: praias com acréscimo de areia, ou seja, progradantes; b) tipo II: praias com presença de barras arenosas que se localizam na praia submersa e podem migrar ora em direção à praia emersa (continente), ora em direção ao mar; c) tipo III: apresentam perfil erosivo, isto é, perfil de praia induzido por ressacas do mar ou temporais sem presença de barras arenosas na praia submersa.

Komar (1976) também destaca a importância do perfil de praia como mecanismo natural de dissipação de energia de ondas, classificando as mudanças no perfil praias através do agente forçador ou indutor – sejam as mudanças no perfil praias induzidas por ondas de ressacas do mar/temporais/tempestades, transporte longitudinal de areias, marés e ventos.

Wright et al. (1985) criaram um modelo para classificar o estado das praias (estágios morfológicos ou morfodinâmicos) a partir da interação entre as mudanças morfológicas e os agentes indutores (e.g. ondas, marés, correntes e vento). O modelo proposto é baseado na interação dos agentes hidrodinâmicos (clima de ondas) e dos parâmetros morfológicos (tamanho médio do grão e forma da praia). Esse modelo é largamente utilizado em praias de todo o mundo, tendo sido desenvolvido por meio de uma parametrização de dados de origem observacional, para um ambiente de micromaré (<2m), no Sul e Sudeste da Austrália, o que denotaria uma limitação de sua aplicabilidade em outros ambientes, como os de meso (2m-4m) e macro marés (>6m). Contudo, o que se tem visto é uma vasta aplicação do modelo em todos os tipos de ambiente de maré. No Brasil, destacam-se os trabalhos de Calliari e Klein (1993), Toldo Jr. et al. (1993), Bentes et al. (1997), Muehe (1998), Klein (2001), Calliari et al. (2003), Albuquerque et al. (2009), Dias e Rocha Barreira (2011) e Aguiar et al. (2013). Contudo, é preciso observar se a classificação do modelo se adapta à real situação da praia.

Outro modelo utilizado largamente para classificação de praias foi desenvolvido por Masselink e Short (1993), denominado de Parâmetro Relativo da Maré (*Relative Tide Range*). Esse modelo leva em consideração o intervalo de maré relativa no seu cálculo de classificação de estágios da praia, permitindo classificar as praias dominadas por ondas em todas as amplitudes de maré. Também podemos destacar o Parâmetro Escalar de Arrebenção ( $\epsilon$ ) (GUZA e IMMAN, 1975) e o Índice de Praia (BI) (MCLACHLAN e DORVLO 2005), ambos utilizados para a caracterização morfodinâmica de praias.

Benedet et al. (2004) destacaram que o conhecimento da morfodinâmica praial é essencial para o planejamento e ordenamento costeiro, pois a praia é um sistema natural que responde às forçantes hidrodinâmicas e antrópicas (e.g. urbanização, obras de proteção costeira e portuárias) através de suas características morfológicas, sendo, portanto, considerada como geoindicador de equilíbrio ambiental. Indo no mesmo sentido, Lisi et al. (2011) destacaram que o estudo da evolução dos sistemas costeiros é uma questão importante para o planejamento e a gestão integrada. Globalmente, a classificação morfodinâmica dos sistemas praias é utilizada a fim de prevenir os riscos inerentes à erosão costeira e à destruição do patrimônio edificado.

Deste modo, o presente estudo tem por objetivo analisar as respostas de uma praia arenosa a um evento de ressaca do mar (um evento energético de curto período), a partir da integração de quatro modelos de classificação praial. A Praia do Icarai, alvo do experimento observacional desse estudo, é um dos principais e mais antigos núcleos de erosão do litoral cearense, onde diversas intervenções com distintas tecnologias foram aplicadas para atenuar os problemas, todas com índice muito baixo de êxito. Trata-se de uma praia de veraneio massivamente ocupada por infraestruturas urbanas.

É importante destacar que, segundo a literatura especializada, as alterações mais rápidas e severas numa praia ocorrem durante a ocorrência de eventos extremos de agitação marítima, o que justifica a realização do experimento observacional em uma situação de ressaca do mar, a fim de se responder ao objetivo do estudo.

### Área de estudo

A Praia de Icarai situa-se no Município de Caucaia (Estado do Ceará), pertencente à Região Metropolitana de Fortaleza, localizando-se próxima à capital do Estado (a 20 km do centro de Fortaleza) (Figura 1). Esse trecho costeiro possui aproximadamente 6 km de extensão, apresentando áreas com falésias e dunas frontais. Apesar disso, a principal característica dessa praia é a frente litorânea densamente ocupada por casas de veraneio, barracas de praia e condomínios de edifícios.

Desde meados da década de 1990, os problemas com a erosão costeira só se agravam nessa região, promovendo a total artificialização da linha de costa por obras de proteção costeira (e.g. enrocamentos, contenção com sacos de areia, barreiras de madeira e muros de alvenaria). Entre 2004 e 2012, a linha de costa recuou, em média, 30 metros, colocando em risco o patrimônio costeiro edificado (PAULA et al., 2013). Além disso, há uma intensa erosão das dunas frontais no trecho central da praia, colocando em risco os condomínios de veraneio (Figura 2a). Em virtude do agravamento dos problemas com a erosão costeira, a Prefeitura Municipal, em 2011, resolveu intervir, construindo uma estrutura rígida de concreto em formato de escadaria, intitulada *Bagwall* (Figura 2b).

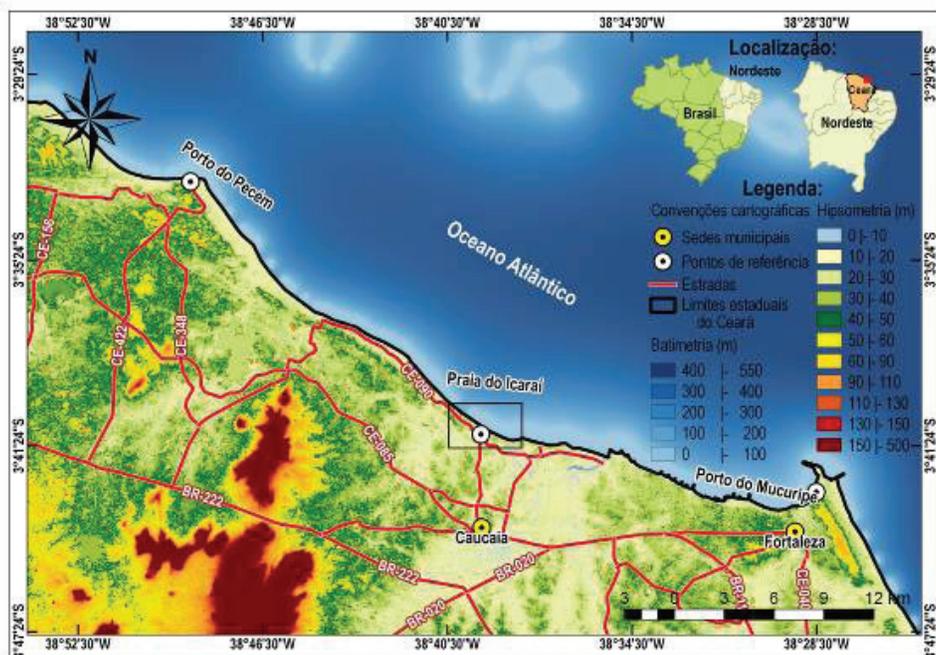


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo.



Figura 2. A) Destruição de faixas frontais de muros condominiais localizados na alta praia; B) Estrutura de concreto do tipo *Bagwall* construída, em 2011, para atenuar os problemas com o recuo da linha de costa.

A Praia de Icarai está inserida em um ambiente com marés do tipo semidura com regime de mesomare (2m - 4m). Na região, o clima de ondas é moderadamente severo, com a predominância de trens de ondas com altura significativa inferior a 2 metros. O período de pico varia entre 4 e 8 segundos. A direção média de incidência das ondas, com a mais alta frequência, ocorre no quadrante ESE, seguido pela direção média NE (INPH,

2005). A velocidade média dos ventos é elevada ao longo de todo o ano, apresentando valores médios de 7,5 m/s (primeiro semestre do ano) e 9,0 m/s (segundo semestre do ano).

A moda dominante da agitação marítima no litoral de Caucaia só é excedida durante eventos de ressaca do mar. Paula et al. (2015) destacam que as ressacas do mar são eventos naturais induzidos por forçantes isoladas ou associadas – ondas, marés e ventos – que promovem o empilhamento da massa de água junto à costa. O máximo nível de água alcançado (espraio máximo da onda e a sobre-elevação momentânea do nível da água do mar) induz ao máximo alcance do espraio das ondas sobre a superfície da praia, contribuindo para rápidas mudanças no perfil praial. Além disso, há uma interação entre as ondas de ressaca do mar e a estrutura de proteção que é refletida diretamente na morfologia da praia.

## **Materiais e métodos**

Os procedimentos metodológicos adotados no estudo permitem realizar uma classificação da Praia do Icaraí a partir de quatro modelos diferentes de análise morfodinâmica. Desse modo, as coletas de amostras sedimentares e os perfis de praia configuram instrumentos importantes de análise das respostas da praia ao evento de ressaca do mar, pois funcionam como um testemunho resultante da erosão ou progradação da praia. Portanto, evidenciam as transformações do ambiente em uma curta escala de tempo.

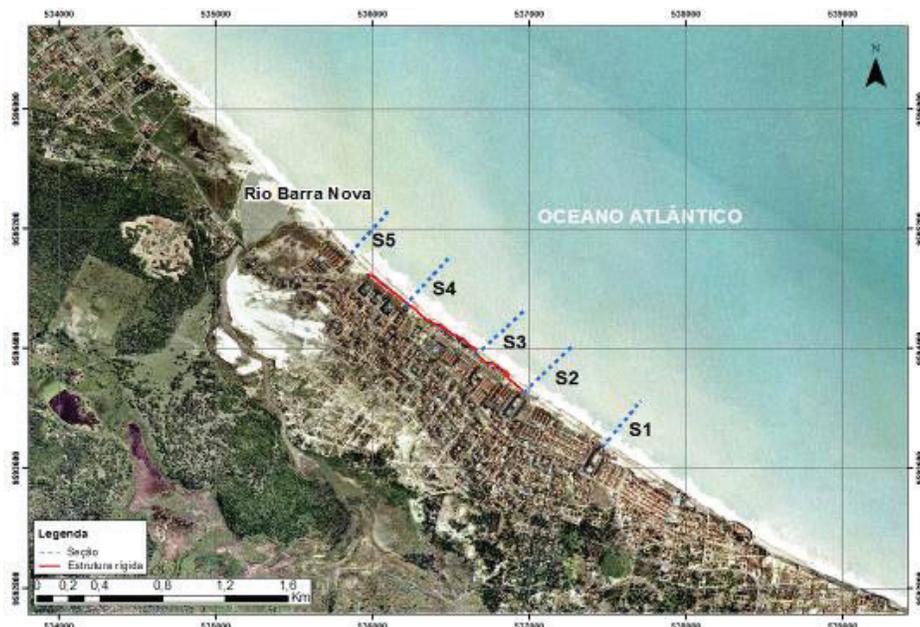
De forma geral, nesse tópico estão descritas as formas de aquisição de dados em campo com uso de equipamentos e sua aplicabilidade em modelos de classificação morfodinâmica de praias.

### *Coleta de amostras e aferição de dados em campo*

O experimento de campo contemplou o pré (28/01/14), o durante (29/01/14 a 02/02/14) e o pós (09/02/14) evento de ressaca do mar, totalizando sete dias de campanhas observacionais. Esse período amostral permite avaliar a relação entre os momentos de baixa, média e alta energia do evento com às ocorrências de mudanças morfológicas na praia. Com esse intuito, procedeu-se à monitorização da praia através de cinco setores morfodinâmicos, designados por S1, S2, S3, S4 e S5 (Figura 3). Os setores aludidos foram reocupados numa base diária, sempre na fase de maré baixa (ou baixa-mar). Em síntese, as observações de campo foram iniciadas um dia antes do começo do evento de ressaca do mar, sendo contínuo por 5 (cinco) dias (período de ocorrência do evento) e finalizado no nono dia após o término do evento.

Tomando por base a estrutura de proteção costeira, os perfis morfodinâmicos foram distribuídos da seguinte forma: o perfil 1 está localizado à barlar da estrutura, numa zona com dunas antropizadas; os perfis 2, 3 e 4 estão localizadas nas partes inicial, mediana e final da obra de contenção, ou seja, na área de influência direta do dissipador de

energia (*Bagwall*); o perfil 5 localiza-se à sotamar da estrutura, numa zona caracterizada pela presença de dunas frontais não antropizadas.



**Figura 3.** Localização dos perfis morfodinâmicos na Praia do Icaraí.

Para garantir a fácil reocupação do perfil a partir do ponto inicial, além da georreferenciamento procedeu-se à sua identificação com um marco de concreto. A identificação das coordenadas dos perfis e o referencial de nível adotado estão sistematizados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Identificação geográfica dos perfis de praia e respectivos referenciais de nível.

Seção (S)	Coordenadas em UTM (metros)		RN (m)
	Longitude	Latitude	
S1	537458	9593726	8,3
S2	536943	9594078	7,57
S3	536642	9594316	4,81
S4	536165	9594666	6,1
S5	535853	9594952	6,6

Nota: RN-Referencial de Nível. Datum SAD69 e Zona 24S.

Destaca-se que o evento de ressaca do mar ocorreu simultaneamente a uma maré de sizígia, fato que potencializou o evento observado e suas alterações. No total, das 7 campanhas, foram realizados 35 levantamentos topográficos e coletadas 70 amostras de sedimento.

Os dados referentes ao clima de onda e a variação de maré foram cedidos pela Companhia de Integração Portuária do Ceará (CEARAPORTOS). Os parâmetros de onda e maré foram registrados através de um sensor acústico do tipo AWAC (frequência de 600 kHz). O equipamento encontra-se instalado na parte externa do quebra-mar do Porto do Pecém, em uma profundidade média de 12 m. Os parâmetros de onda (Hs, Hmax, Tp, Tpz e Dir) são registrados a cada 10 minutos. O mesmo equipamento também registra a variação de maré.

A quantidade e o tipo de sedimentos transferidos durante um evento de ressaca do mar para sistema praiial é função das características da onda. Por via de regra, ficam remanescentes na praia emersa as areias mais grossas (e, com frequência, cascalheiras). Durante o experimento de campo foram coletadas 70 amostras em diferentes zonas da praia (abrangendo areia da superfície até 5 cm de profundidade). As amostras passaram pelo método clássico de análise granulométrica (SUGUIO, 1973), que inclui procedimentos de secagem, quarteamento, peneiramento, seguindo de classificação textural, caracterizando os sedimentos através da média, mediana, grau de selecionamento (desvio padrão), grau de assimetria e curtose (FOLK e WARD, 1957).

#### *Análise dos perfis morfodinâmicos*

Todos os perfis foram referenciados ao Zero Hidrográfico da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha – DHN. Os perfis topográficos foram executados obedecendo ao método da Estadia (BIRKMEIER, 1984). O Referencial de Nível (RN) de cada perfil, isto é, a cabeça ou ponto inicial foi estabelecido numa base que desse garantia de não vir a sofrer alterações altimétricas devido às ações marinhas ou eólicas.

A referência utilizada para calcular as cotas altimétricas do terreno (diferença de nível) foi o nível do mar. Isso foi possível a partir da transposição de cotas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Os perfis foram ainda georeferenciados com auxílio de um DGPS (*Differential Global Positioning System*) com precisão de  $\pm 5$  mm.

Na realização dos perfis topográficos da praia (ou perfis morfodinâmicos) foi utilizada uma estação total e um DGPS. Os perfis prolongam-se desde um ponto fixo no continente até a profundidade média de 3,5 m (limite inferior). As leituras na zona submersa da praia foram realizadas com auxílio de um mergulhador, facilitando a passagem pela zona de arrebentação de ondas. O bastão topográfico usado possui 5,10 m de altura, o que limita a profundidade analisada. Outro fator limitante é agitação marítima, que por vezes impede que o mergulhador alcance profundidades maiores.

Os perfis morfodinâmicos foram analisados a partir do uso do *software* livre Scilab 5.5.1, desenvolvido para cálculo numérico. O programa permite interações gráficas 2D e 3D, juntamente com a modelagem de sistemas dinâmicos, como é o caso das praias.

### Classificação morfodinâmica

A classificação morfodinâmica das praias foi realizada a partir da integração de 4 parâmetros analíticos bem destacados na literatura internacional durante um evento de ressaca com dados diários durante 7 dias. Seguem as classificações adotadas nesse estudo:

(i) Parâmetro escalar de arrebentação (*surf-scalling parameter*) que leva em conta a amplitude da onda, a frequência da onda incidente em radianos, a constante gravitacional e o gradiente do perfil praiial (GUZA e INMAM, 1975);

(ii) Parâmetro adimensional Ômega que caracteriza praias arenosas em 6 estágios morfodinâmicos distintos, considerando a interação do espraio da onda com o gradiente da face de praia. O parâmetro considera em seu cálculo a relação entre a altura relativa de onda na zona de arrebentação, a velocidade de queda do grão e o período médio ondulatório (WRIGHT et al., 1985);

(iii) Parâmetro Relativo de Maré (*Relative Tide Range - RTR*) que indica o tipo de forçante dominante na praia, sendo calculado a partir da relação entre a altura da onda e a amplitude máxima da maré (MASSELINK e SHORT, 1993); e

(iv) O Índice de Praia que leva em consideração as características relacionadas ao tamanho do sedimento em relação à variação da maré e à morfologia da praia. (MCLACHLAN e DORVLO, 2005).

A descrição de cada componente pertencente aos parâmetros utilizados para a caracterização morfodinâmica da Praia do Icarai, são indicados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Índices morfodinâmicos utilizados para classificação de praias.

<b>Modelo proposto por Guza &amp; Inmam (1975) - Parâmetro Escalar de Arrebentação <math>\epsilon</math></b>	
<b>Classificação Morfodinâmica (Formulação)</b>	<b>Características da Praia</b>
$\epsilon = ab \cdot \omega^2 / g \tan^2 \beta$ <p>Onde:                      ab: amplitude de onda (Hb/2)  <math>\omega</math>: frequência angular (<math>2\pi/T</math>)                      g: aceleração da gravidade  <math>\beta</math>: declividade do perfil praiial</p>	$\epsilon < 2,5$ (reflectiva) $2,5 < \epsilon < 20$ (intermediária/barra e calha longitudinal) $\epsilon > 20$ (dissipativa)
<b>Modelo proposto por Wright et al., (1985) - Parâmetro Adimensional Ômega (<math>\Omega</math>)</b>	
<b>Classificação Morfodinâmica (Formulação)</b>	<b>Características da Praia</b>
$\Omega = Hb / W_s \cdot T$ <p>Onde:                      Hb: altura de onda na zona de arrebentação (m)  <math>W_s</math>*: Velocidade média de queda do sedimento (m/s)                      T: Período médio de ondas (s)</p>	$\Omega \leq 1,5$ (reflectiva) $1,5 < \Omega < 5,5$ (intermediária) $\Omega = 2,4$ (Terraço de baixa-mar) $\Omega = 3,15$ (Banco transversal) $\Omega = 3,5$ (Banco de praia de cúspide) $\Omega = 4,7$ (Banco de calha longitudinal) $\Omega \geq 5,5$ (dissipativa)



<b>Modelo proposto por Masselink &amp; Short (1993) -Parâmetro Relativo de Maré (RTR)</b>	
<b>Classificação Morfodinâmica (Formulação)</b>	<b>Características da Praia</b>
$RTR=TR/Hb$ Onde: TR: amplitude máxima (m) Hb: Altura da onda (m)	RTR <3: Onda dominante 3<RTR<12: Interação onda-maré RTR >15: Maré dominante
<b>Modelo proposto por McLachlan &amp; Dorvlo (2005) - Índice de Praia (BI)</b>	
<b>Classificação Morfodinâmica (Formulação)</b>	<b>Características da Praia</b>
$BI=log10*sedim*TR/\beta$ Onde: sedim: tamanho sediment (phi+1) TR: variação da maré de sizígia β: declividade praial	BI<1,5: Reflectiva 1,5<BI<3: Intermediária BI>3: Dissipativa

\*Os valores de velocidade média de decantação das partículas sedimentares (Ws) foram extraídos da tabela de Raudkivi (1990).

## Resultados e discussões

### *Caracterização dos perfis morfodinâmicos*

Na seção 1, há uma suave inclinação em direção à praia submersa, o que facilita a atuação do espraio das ondas sobre a face de praia (Figura 4). Nas seções 1 e 2, há um alinhamento de *rochas de praia* no contato entre a praia emersa e submersa, controlando parcialmente às alterações morfológicas. Nas seções 3 e 4, há uma estrutura rígida de proteção costeira que limita atuação do espraio das ondas (Figura 4). Enquanto na seção 5, o limite continental é marcado pela presença de uma duna frontal (Figura 4).

Os perfis de praia alocados nas seções 3 e 5 apresentaram recuo significativo da escarpa frontal do perfil. Na seção 3, houve galgamentos em pontos diferentes da frente marinha urbana, o que levou à destruição parcial da via costeira. Enquanto que na seção 5, o recuo da duna frontal foi induzido pela colisão do espraio máximo da onda com a base da duna, o que levou ao desmoronamento da crista.

Decerto, todas as seções da Praia do Icarai sofrem interferência de estruturas antrópicas e naturais, o que é determinante para expressar o estágio morfodinâmico dominante. As seções 1 e 3 apresentaram variações entre estágios dissipativos (nos dias iniciais do evento de ressaca do mar), intermediários e refletivos (no ápice da ressaca do mar). As demais seções apresentaram comportamento morfológico variando entre dissipativo e intermediário. É importante destacar que, em todos os perfis, houve uma intensa remobilização de sedimentos na alta praia, próximo da base das estruturas (antrópicas ou naturais), e na zona submersa praia. Em todas as seções, não houve recuperação do perfil praial passados sete dias do final da ressaca do mar. Por fim, as variações referentes aos valores de declividade praial foram de 1/16 a 1/23, classificando a praia em estágios dissipativos (seção 2) e intermediários (seção 3). Todos os setores monitorados apresentaram variações no seu pacote sedimentar, quando comparado o primeiro e o último dia do evento de ressaca do mar.

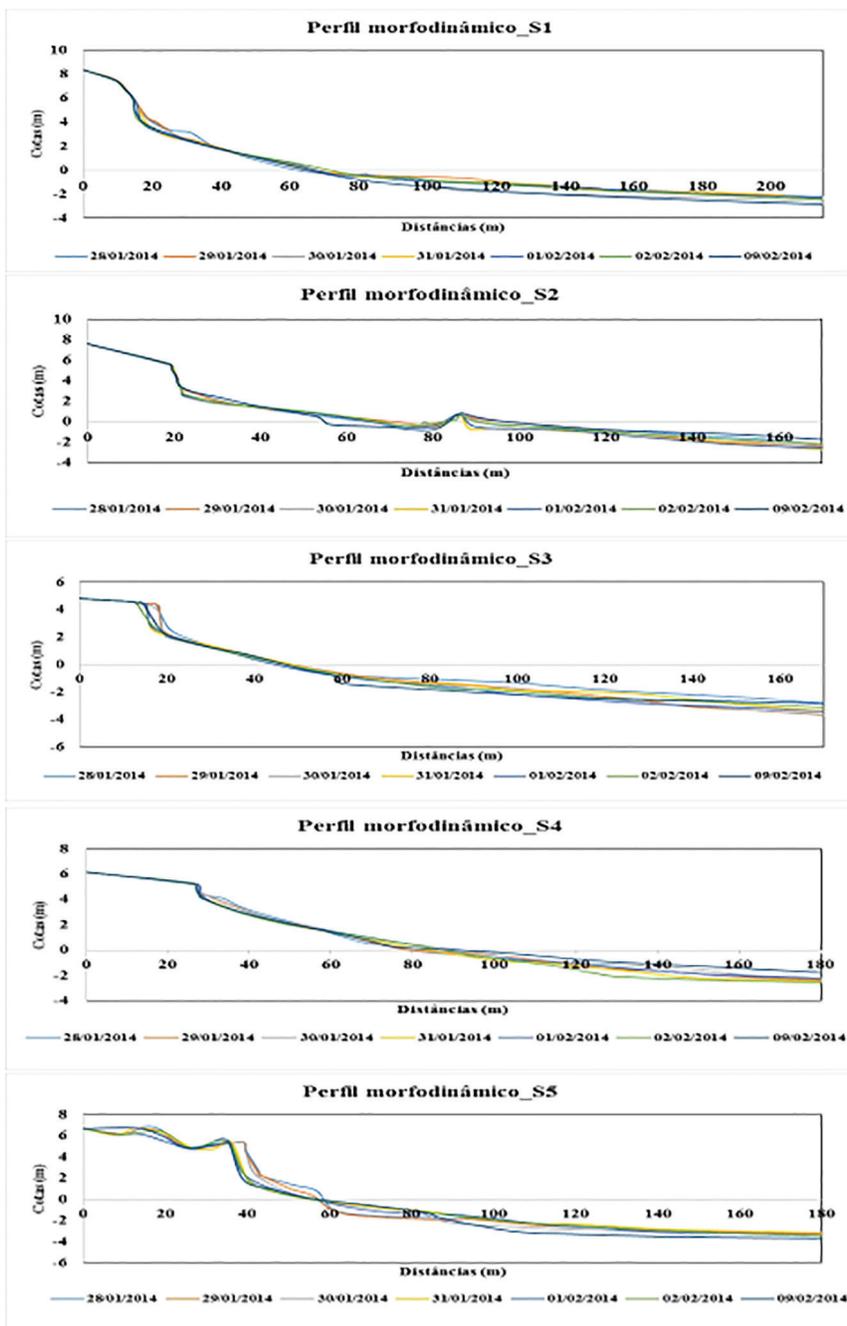


Figura 4. Levantamentos topográficos dos cinco setores da Praia de Icarai (Caucaia, Ceará) nos meses de janeiro e fevereiro de 2014, durante a ocorrência de um evento de ressaca do mar.

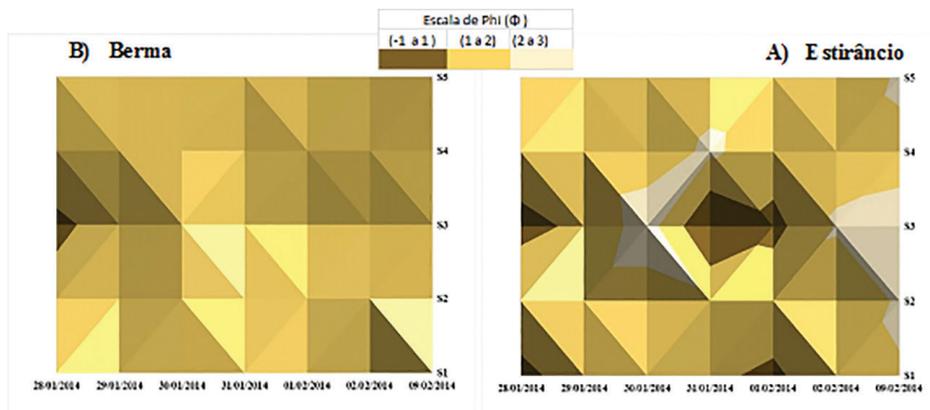
### *Classificação granulométrica dos sedimentos da face de praia*

A Praia de Icarai apresentou variações sedimentológicas durante o evento de ressaca do mar que vão desde a presença de areia fina a areia grossa com presença de cascalhos esparsos, entretanto, com predomínio de areia média (mais de 82%) em toda face de praia. O tamanho médio do grão apresentou variação na zona de berma entre  $0,878\Phi$  e  $2,009\Phi$ , já na zona de estirâncio foram observadas variações negativas que representam sedimentos mais grossos ( $-0,048\Phi$  e  $2,460\Phi$ ).

Na zona de berma, a areia média (1 a 2 Phi) correspondeu a 98,5% de todas as amostras analisadas durante o evento de ressaca do mar. O sedimento apresentou-se bem selecionado em 75,86% das amostras analisadas, com valores de selecionamento do grão variando entre 0,347 e 0,691. Em relação à assimetria, os sedimentos foram classificados desde muito negativo a aproximadamente simétrico, com variações de valores entre -0,496 e 0,124. Segundo os valores de curtose, 79,31% das amostras apresentaram sedimentos mesocúrticos. De forma geral, o Phi50 de todas as amostras da zona de berma apresentou tendência para aumento dos valores, o que representa um maior percentual de sedimentos finos contidos nas amostras, isso quando comparado o primeiro e o sétimo dia após o evento observado, especialmente na seção 5, em que há dunas frontais ainda em estado de preservação.

Na zona de estirâncio também houve predomínio de areias do tipo média (84,3%), porém em menor proporção ao que foi observado na zona de berma. Isso ocorreu porque durante o vento de ressaca do mar, a energia incidente das ondas se concentrou nessa faixa da praia, em que mais de 8% das amostras apresentaram-se como areias grossas (0 a 1 Phi). Nessa zona também se observou a tendência para o aumento percentual de sedimentos finos após o quarto dia do evento de ressaca do mar, momento que coincide com diminuição da energia incidente da agitação marítima. Em relação aos dados de selecionamento, 46,42% das amostras apresentaram-se bem selecionadas, com valores de seleção do grão variando entre 0,332 e 1,923. Os valores referentes à assimetria variaram entre -0,688 e 0,169, ambos extremos correspondem à areia muito negativa e aproximadamente simétrica, respectivamente. Em relação ao parâmetro referente à curtose, 50% das amostras apresentou sedimentos mesocúrticos, seguidos de grãos leptocúrticos (39,28%), platicúrticos (7,14%) e muito leptocútico (3,57%).

De forma geral, a classificação dos sedimentos seguiu o padrão esperado, com sedimentos mais grossos durante o ápice do evento de ressaca do mar (3º e 4º dias do evento). Na zona de berma não houve variação que rompesse com moda dominante, isto é, predomínio de areias médias. Isso ocorreu devido ao baixo alcance do espraio máximo das ondas (Figura 5a). No estirâncio, foi observado que os trechos com maior variabilidade textural coincidiram com as zonas mais antropizadas da praia, ou seja, as seções 1 e 3 (Figura 5b).

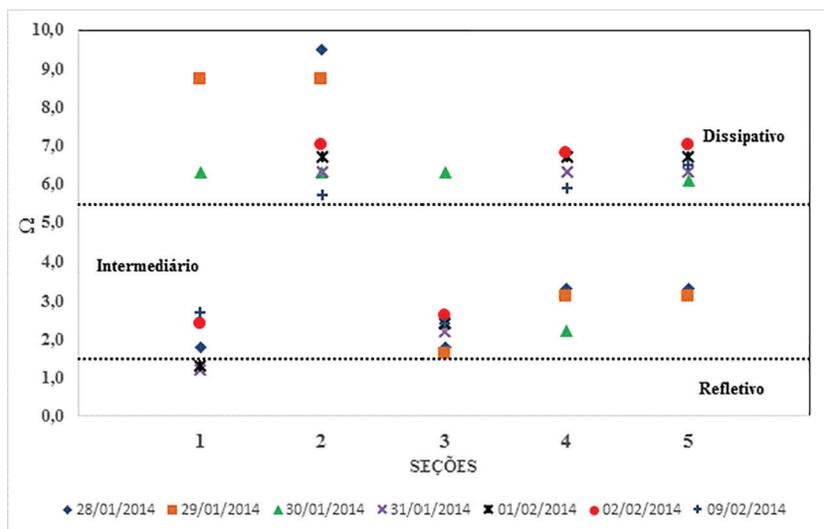


**Figura 5.** Distribuição granulométrica por classe de Phi dos sedimentos da zona de berma (A) e estirâncio (B) da Praia do Icarai durante um evento de ressaca do mar.

### Classificação morfodinâmica

#### Parâmetro Adimensional Ômega ( $\Omega$ )

Com base no cálculo do parâmetro adimensional Ômega, a Praia do Icarai foi classificada, durante o evento de ressaca do mar, como predominantemente dissipativa, porém ocorrendo em alguns perfis a alternância entre o estágio refletivo e intermediário (terraço de baixa-mar e bancos transversais). Os valores do parâmetro adimensional variaram entre 1,2 e 9,5 (Figura 6).



**Figura 6.** Distribuição dos valores do parâmetro adimensional ( $\Omega$ ) durante um evento de ressaca do mar na Praia do Icarai.

Estágios refletivos ocorreram apenas na seção 1, que antes do início do evento já apresentava essa classificação. Os dois primeiros dias da ressaca do mar foram marcados por uma baixa amplitude da maré (2,0 a 2,4 metros), porém com altura da onda superior a 1,3 m, situação que permitiu ao alcance máximo das ondas atingirem a região da alta praia, provocando perda de sedimentos e aplainamento do perfil (estágio dissipativo). No terceiro e quarto dia do evento, houve diminuição sensível da altura de ondas (0,8 m) e aumento da amplitude de maré (3,0 m), dando origem ao retrabalhamento da parte mediana do perfil, resultando numa morfologia mais escarpada e erodida, característico de praias refletivas. Nos dias finais do evento, houve diminuição geral da energia da agitação marítima e recobrimento sedimentar do perfil, o que resultou novamente em um perfil dissipativo, que demonstra haver uma transferência de areias da porção subaquática em direção à praia emersa quando da prevalência de uma situação de menor agitação marítima.

A seção 2 apresentou como característica dominante o estágio dissipativo, isso em todas as situações de agitação marítima do evento de ressaca do mar. Nesse setor não ocorreram mudanças significativas na face de praia, o que pode estar relacionado com a proteção natural exercida pelas rochas de praia situadas na parte inferior do perfil, oferecendo certa estabilidade ao perfil. Além disso, a alta praia é protegida por uma estrutura rígida que estabiliza a linha de costa. Logo, a faixa de praia está sitiada na parte superior e inferior do perfil, reduzindo o transporte de areias para zona submersa do perfil.

As demais seções monitoradas durante o evento de ressaca do mar apresentaram variações entre os estágios intermediários e dissipativos, prevalecendo o último. As seções 3 e 4 também têm a parte superior do perfil limitada por uma estrutura rígida de proteção costeira. O que as diferencia é a presença de uma alta praia robusta na S4, que funciona muito bem na dissipação da energia da onda incidente. Nesse caso, o espraio da onda atua com maior eficiência na praia média, o que explicaria as variações entre os estágios dissipativos e intermediários com presença de bancos transversais na praia submersa. Na seção 3, diferentemente da S4, a alta praia não é robusta e as ondas de ressaca dissipam sua energia diretamente na estrutura de contenção, o que gera uma onda refletida que promove alterações no trecho mediano e baixo da praia, isto é, conectando a face de praia mais íngreme com a faixa de praia mais plana no nível de baixa-mar.

A seção 5 também apresenta uma alta praia robusta e limitada por dunas frontais não antropizadas, que só é atingida pelo espraio máximo das ondas quando da ocorrência de um evento de ressaca do mar. Nesse caso, a morfologia apresentou como característica principal um suave declínio em direção ao nível de base, representando estágios intermediários. Semelhante às seções 1 e 4, o estágio dissipativo só foi alcançado com o passar dos dias do evento de ressaca, pois as ondas conseguiram erodir a alta praia e suavizar o perfil, tornando a praia novamente plana.

### Parâmetro Relativo de Maré (RTR)

Os valores do RTR variaram de 1,3 a 3,7, indicando que durante o evento de ressacas do mar, o ambiente praiado foi modificado, essencialmente, por ondas ( $RTR < 3$ ), resultando em estágios que variaram entre dissipativos (essencialmente) e intermediários (Quadro 2). Porém, quando da ocorrência de estágios refletivos na seção 1, as modificações no ambiente foram induzidas pela interação entre ondas e marés ( $3 < RTR < 12$ ), resultando na formação de terraços de baixa-mar (relativamente planos) que se interligam com a face de praia mais íngreme, podendo representar um estágio de transição para uma planície de maré dominada por maré. As modificações na morfologia da praia determinadas pela interação de ondas e marés ocorreram entre o terceiro e o quarto dia do evento de ressaca do mar, momento com amplitude máxima de maré e diminuição da energia de ondas.

**Quadro 2.** Classificação da morfodinâmica da praia por agente forçador durante um evento de ressaca do mar na Praia do Icarai.

Dia	Hb	TR	RTR	Classificação
28/01/14	1,43	2,0	1,4	Determinado por ondas
29/01/14	1,305	2,4	1,8	Determinado por ondas
30/01/14	1,04	2,8	2,7	Determinado por ondas
31/01/14	0,805	3,0	3,7	Determinado por ondas e marés
01/02/14	0,945	3,1	3,3	Determinado por ondas e marés
02/02/14	1,065	3,1	2,9	Determinado por ondas
09/02/14	0,815	1,1	1,3	Determinado por ondas

Na Praia do Icarai, durante a maré alta (preamar), as ondas quebram na face de praia, processo análogo ao de praias refletivas, resultando no afloramento de sedimentos de maior calibre. Já na maré baixa (baixa-mar), os processos na zona de surfe são mais dissipativos e o espraio das ondas na face de praia tem maior duração, devido à baixa inclinação da praia.

### Parâmetro Escalar de Arrebentação

O Parâmetro Escalar de Arrebentação (*surf-scaling parameter*) foi determinado por meio de avaliações do comportamento da zona de arrebentação. O parâmetro apresentou variações entre 11,63 e 22,57, indicando que a região apresentou estados de dissipação e alta dissipação das ondas na zona de arrebentação (Quadro 3). Isso é decorrente da morfologia submarina desse trecho costeiros, formado por áreas rasas com presença de bancos de areia e rochas de praia. Porém, quando da ocorrência do evento de ressaca do mar monitorado, não houve completa atenuação do espraio da onda na face de praia, exceto na seção 4, onde a robustez da alta praia impediu que o espraio máximo da onda atingisse as infraestruturas urbanas.

**Quadro 3.** Valores do Parâmetro Escalar de Arrebentação para Praia do Icaraí.

Parâmetro Escalar de Arrebentação ( $\epsilon$ )					
	S1	S2	S3	S4	S5
28-01-14	Dissipação	Dissipação	Alta Dissipação	Dissipação	Dissipação
29-01-14	Alta Dissipação	Dissipação	Alta Dissipação	Alta Dissipação	Alta Dissipação
30-01-14	Dissipação	Dissipação	Alta Dissipação	Alta Dissipação	Alta Dissipação
31-01-14	Dissipação	Dissipação	Alta Dissipação	Dissipação	Dissipação
01-01-14	Dissipação	Dissipação	Alta Dissipação	Alta Dissipação	Dissipação
02-01-14	Dissipação	Dissipação	Dissipação	Dissipação	Dissipação
09-01-14	Dissipação	Dissipação	Alta Dissipação	Dissipação	Dissipação

*Índice de Praia (BI)*

Os valores do Índice de Praia (BI) variaram entre 1,7 e 2,3 para todos os perfis monitorados durante o evento de ressaca do mar, indicando estágios morfodinâmicos intermediários para toda a Praia do Icaraí. Os maiores índices desse parâmetro foram observados quando da ocorrência da amplitude máxima da maré, isto é, entre o terceiro e quarto dia do evento. A dominância do estágio intermediário se deu em razão dos terrenos costeiros na Praia Icaraí não serem tão declivosos. Segundo Calliari et al. (2003), quando valores de  $\epsilon$  igual a 2, o espraio da onda sobre a face de praia tende a ser alto, como observado nos setores 2 e 3 da Praia do Icaraí (Figura 7a). Neste estágio, durante o evento de ressaca do mar, as infraestruturas urbanas que limitam a linha de costa foram atingidas pelo espraio das ondas, levando a destruição de muros, galerias de drenagem de águas pluviais e vias urbanas (Figura 7b).



**Figura 7.** Espraio máximo das ondas atingindo a frente marinha urbana do Icaraí (A); Infraestruturas urbanas atingidas durante as ressacas do mar em janeiro/14 (B).

Conforme observado nos resultados do Parâmetro Adimensional  $\hat{\Omega}$ , o movimento morfodinâmico da Praia do Icaraí apresentou uma dominância dissipativa variando, por vezes, para intermediária durante todo o evento de ressaca do mar. Como

demonstrado nos resultados do Parâmetro Relativo de Maré (RTR), as modificações foram determinadas, especialmente, por ondas, exceto quando da ocorrência do máximo deslocamento vertical de nível de água, que ocorreu entre o terceiro e quarto dia do evento de ressaca do mar. Nesse momento, integrando os resultados do Parâmetro Escalar de Arrebentação e do Índice de Praia, foi possível observar que houve uma alta dissipação de energia no trecho mais ocidental da praia (S3, S4 e S5), resultando em espraio mais fortes das ondas sobre a face de praia, atingindo as estruturas urbanas que se encontram imediatamente na sua retaguarda.

O efeito da ressaca do mar nas mudanças de curto prazo nos estados morfodinâmicos da Praia do Icaraí só foram mais evidentes no terceiro (31/01/14) e quarto (01/02/14) dias do evento, justamente o período mais energético de agitação marítima. Pontualmente, apenas a seção 2 ficou totalmente imune às alterações diárias induzidas pelo evento, o que se explica pelo condicionalismo natural desse trecho costeiro, controlado por rochas de praia que se encontram no limiar entre a zona intertidal e a praia submersa, atuando como zona de arrebentação durante a maré alta e diminuindo os efeitos do espraio máximo das ondas sobre a face de praia. Em síntese, houve uma convergência entre os resultados das 4 (quatro) classificações adotadas, não havendo discrepâncias significativas entre os resultados finais.

Em resposta ao evento de ressaca do mar na Praia do Icaraí, foram observadas alterações morfológicas diárias na face de praia, resultando em classificações diversas entre o estado de praia dissipativo e intermediário, ao longo dos dias monitorados, situação que já era esperada para o episódio de agitação marítima estudado.

O estado refletivo, que indica erosão na face de praia, só foi registrado na seção 1 durante o pico energético da ressaca do mar (terceiro e quarto dia). Nesse trecho costeiro mais oriental, as dunas frontais estão antropizadas e os efeitos da erosão se expressam de maneira mais notória através da destruição de muros condominiais e erosão das dunas frontais, que desestabilizam as escadarias de acesso à praia, levando ao colapso dessas estruturas.

### **Considerações finais**

O trecho costeiro estudado da Praia do Icaraí possui seu estado praiado fortemente relacionado à ação das ondas. No caso das marés, foi observado que sua atuação potencializa o deslocamento vertical de nível de água, possibilitando que o espraio máximo das ondas atinja a frente marinha urbana do Icaraí.

Os modelos adotados na classificação do estado praiado do Icaraí são largamente utilizados em estudos similares, porém, geralmente, são empregados de forma individualizada. No caso da Praia do Icaraí, os modelos propostos por Guza & Inman (1975), Wright et al. (1985), Masselink & Short (1993) e McLachlan & Dorvlo (2005) foram todos aplicados de forma integrada, permitindo uma análise detalhada das respostas da praia a um evento de ressaca do mar. Essas multianálises foram necessárias, pois tratam-se de modelos concebidos em ambientes diferentes do encontrado na Praia do Icaraí, tendo um resultado satisfatório.

Na Praia do Icarai, a zona de berma foi formada predominantemente por areia média, que teve seu calibre aumentando quando da ocorrência do pico da ressaca do mar, situação já esperada. No estirâncio, foram observadas maiores variações no calibre do sedimento, porém o padrão manteve-se o mesmo que foi observado na berma, com areias mais grossas e presença de cascalhos esparsos ocorrendo no período mais energético do evento.

A Praia do Icarai (em Caucaia-CE) apresenta um ambiente praiado dominado pela energia das ondas em conformidade com a atuação das marés, que em eventos como o do presente estudo – ressacas do mar – podem exercer papéis fundamentais na modificação do perfil morfológico da zona costeira. Composto predominantemente por areia média, o sedimento apresentou-se como bem selecionado a partir do retrabalhamento promovido pelas ondas no local. O Estágio Morfodinâmico dissipativo pode ser comprovado a partir da utilização do Parâmetro Adimensional Ômega e do Parâmetro Escalar de Arrebentação – que subsidiaram informações para o entendimento dos processos erosivos e progradataivos que ocorreram naquela região durante o fenômeno estudado. Assim, esses índices podem ser aplicados no planejamento urbano de regiões praiadas.

O Parâmetro Relativo de Maré indicou para a atuação predominante das ondas no local – considerada por muitos estudiosos como o principal agente modificador do ambiente praiado. Entretanto, embora as ondas obtivessem consideráveis importâncias como forçante modificadora do ambiente praiado, a incidência de marés com amplitudes máximas durante o evento promoveram uma nova configuração em relação a atuação das ondas – com alteração da influência das zonas de espraiamento, zona de surf e atuações de domínios morfodinâmicos característicos em determinadas seções.

O estudo das características morfodinâmicas se mostrou eficiente no entendimento dos processos que ocorrem na Praia do Icarai durante um evento de ressaca do mar, contribuindo efetivamente para a compreensão dos mecanismos físicos que imperam no ambiente praiado submetido a um evento extremo local. As informações geradas permitiram identificar o comportamento diário de trechos costeiros com diferentes características ambientais e sociais, configurando importantes informações que podem ser utilizadas no gerenciamento costeiro da região.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento da pesquisa através do Edital Universal 14/2013 (Processo 483811/2013-0). À CAPES pelo apoio ao projeto A Terra, O Mar e o Homem - PVE 047\_2013. Agradecemos ao Professor Francisco Borja Barrera da Universidade de Huelva pela revisão do resumo e a Siobhan Leonard pela revisão do abstract. Também agradecemos aos alunos José Wilker, Raylton Bendô, Ismael Lima e Rodrigo Sousa pela ajuda.

## Referências

AGUIAR, Ponciana Freire; EL-ROBRINI, Maamar; FREIRE, George Satander Sá; CARVALHO, Rodrigo Guimarães. Morfodinâmica de praias dominadas por mesomares na Planície Arenosa de Almofala, NW do Ceará (Brasil). *Pesquisas em Geociências*, v. 40, n. 1, p. 61-73, jan.-abr. 2013.

ALBUQUERQUE, Miguel da Guia; CALLIARI, Lauro Júlio; CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere; PINHEIRO, Lidriana de Souza. Morfodinâmica da praia do Futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudo. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 1, n. 2, p. 49-57, Janeiro. 2009.

BENEDET, Lindino; FINKL, Charles; CAMPBELL, Thomas; KLEIN, Antonio Henrique Fontoura. Predicting the effect of beach nourishment and cross-shore sediment variation on beach morphodynamic assessment. *Coastal Engineering*, v. 51, Issues 8-9, p. 839-861, out. 2004.

BENTES, Andreia Maria Lopes; FERNANDEZ, Guilherme Borges; RIBEIRO, Alexandre Younes. Estudo da Morfodinâmica de praias compreendidas entre Saquarema e Macaré, RJ. *Oecologia Brasiliensis*, v. 3, p.229-243, 1997.

BIRKEMEIER, Willian. *Time scales of nearshore profile changes*. In: Coastal Engineering Conference, 19. Houston, 1984. Proceedings. Houston, ASCE. 1984, pp. 1507-1521.

CALLIARI, Lauro Julio; KLEIN, Antonio Henrique Fontoura. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chui, RS. *Pesquisas*, v. 20, n. 1, p. 48-56, 1993.

CALLIARI, Lauro Julio; MUEHE, Dieter; HOEFEL, Fernanda Gemael; TOLDO JR, Elirio Ernestino. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 51 (único), p. 63-78, 2003.

DALRYMPLE, Robert. Prediction of Storm/Normal Beach Profiles. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, v. 118, n. 2, p. 193-200. Março. 1992,

DEAN, Robert. *Heuristic models of sand transport in the surf zone*. Proceedings of the 1st Australian Conference on coastal Engineering Dynamics of the Coastal Zone, Sydney, Austrália, 1973. pp. 208-214.

DIAS, Ismália Cassandra Costa Maia; ROCHA BARREIRA, Cristina de Almeida. Comportamento Morfodinâmico da Praia da Taíba, Nordeste do Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 11, n. 4, p. 421-431. Dezembro. 2011.

FOLK, Robert; WARD, Willian. Brazos river bar, a study in the significance of grain size parameters. *Journal Sedimentary Petrology*, v. 27, 1957. pp. 3.

GUZA, Robert; INMAN, Douglas. Edge waves and beach cusps. *Journal Geophys Research*, v. 80, n. 21, p. 2997-3012, Julho. 1975.

HATTORI, Masataro; KAWAMATA, Ryoichi. Onshore-offshore transport and beach profile change. *Coastal Engineering*, Chapter 72, p. 1175-1193, 1980.

INPH – Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias. *Relatório final das medições de onda ao Largo de Pecém – CE (Código: Pecém: 1040/01)*. Rio de Janeiro. Brasil. 2005.

KLEIN, Antonio Henrique Fontoura; MENEZES, João Thadeu. Beach morphodynamics and profile sequence for headland bay coast. *Journal of Coastal Research*, v. 17, n. 4, p. 812–835, Autumn, 2001.

KOMAR, Paul. *Beach Processes and Sedimentation*. New Jersey, Prentice-Hall, 1976. 429p.

LARSON, Magnus. *Quantification of beach profile change*. Institutionen for teknisk vattenresurslara, Lund, Sweden, 1988. 293p.

LISI, I.; MOLFETTA, M.G.; BRUNO, Maria Francesca.; DI RISIO, Marcello; DAMIANI, L. Morphodynamic classification of sandy beaches in enclosed basins: the case study of Alimini (Italy). *Journal of Coastal Research*, SI 64, p. 180-184, 2011.

MASSELINK, Gerd; PATTIARATCHI, Charitha Bachelors. Seasonal changes in beach morphology along the sheltered coastline of Perth, Western Australia. *Marine Geology*, v. 172, Issue 3-4, p. 243-263, Fevereiro. 2001.

MASSELINK, Gerd; SHORT, Andrew. The effect of tide range on beach morphodynamics. A conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, v. 9, n. 3, p. 785-800, Summer. 1993.

MCLACHLAN, Anton; DORVLO, Atsu. Global Patterns in Sandy Beach Macrobenthic Communities. *Journal of Coastal Research*, v. 21, Issue. 4, p. 674–687, Julho. 2005.

MUEHE, Dieter. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 46, n. 2, p.157-169, 1998.

PAULA, Davis Pereira; DIAS, João Alveirinho; SOUZA, Marco. Lyra; FARRAPEIRA NETO, Carlos Araújo; BARROS, Eduardo Lacerda. *Monitorização de curto prazo da Praia do Icarai (Caucaia, Ceará, Brasil) após construção de estrutura rígida do tipo Bagwall para controle da erosão*. In: VII Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, 2013. pp. 1-9.

PAULA, Davis Pereira; MORAIS, Jäder Onofre; FERREIRA, Oscar; DIAS, João Alveirinho. Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, característica e impactos. In: PAULA, D.P.; DIAS, J.A. (Orgs.). *Ressacas do mar/Temporais e Gestão Costeira*. Fortaleza-CE: Premium editora, 2015. pp. 173-202.

RAUDKIVI, Arved. *Loose boundary hydraulics*. 3rd edition, Pergamon Press, Janeiro.1990. 512p.

SHORT, Andrew. Three dimensional beach-stage model. *Journal Geology*, v. 87, n. 5, p. 553-571, Setembro. 1979.

SUGUIO, Kenitiro. *Introdução a sedimentologia*. São Paulo. Ed. Edgard Blucher. EDUSP, 1973. 317p.

TOLDO JR, Elírio Ernestino; DILLENBURG, Sérgio Rabello; ALMEIDA, Luiz Emílio Sá Brito; TABAJARA, Luiz Liberato Cavalcanti; MARTINS, Luiz Roberto; CUNHA,

Luis Otavio Bettiol.O.B.P Prates. Parâmetros morfométricos da praia de Imbé, RS. *Pesquisas*, v. 20, n. 1, p. 27-32, 1993.

WRIGHT, Lynn Donelson. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology*, v. 56, n. 1-4, p. 93-118, 1984.

WRIGHT, Lynn Donelson; CHAPPELL, Jonh; THOM, Bruce; BRADSHAW, Mark; COWELL, Peter. Morphodynamics of Reflective and Dissipative Beach and Inshore Systems: Southeastern Australia. *Marine Geology*, v. 32, Issues 1-2, p. 105-140, Junho. 1979.

WRIGHT, Lynn Donelson; SHORT, Andrew. Morphodynamics of beaches and surf zones in Austrália. In: KOMAR, P.D. (Org.). *Handbook of coastal processes and erosion*. Boca Raton, CRC Press, 1983. pp. 35-64.

WRIGHT, Lynn Donelson; SHORT, Andrew; GREEN, M.O. Short term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. *Marine Geology*, v. 62, n. 3-4, p. 339-364, Janeiro. 1985.

---

#### DAVIS PEREIRA DE PAULA

Doutor em Ciências do Mar, da Terra e do Ambiente pela Universidade do Algarve - UALG, Portugal, mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE e graduado em Geografia pela UECE. Atualmente é professor adjunto do curso de Geografia da UECE e docente permanente do Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA. Avenida Dr. Silas Munguba, 1700, Cep: 60714-903, Campos do Itaperi. E-mail: davispp@yahoo.com.br e davis.paula@uece.br

---

#### CARLOS DE ARAÚJO FARRAPEIRA NETO

Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará – UFC, mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE e graduado em Geografia pela UECE. Campus do Pici, Bloco 911, Cep: 60455-760, Fortaleza-CE. E-mail: carlosfarrapeira@gmail.com

---

Recebido para publicação em janeiro de 2016  
Aprovado para publicação em dezembro de 2016