

## **A INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS ESTUARINOS NA MORFODINÂMICA E VULNERABILIDADE A EROÇÃO DA PRAIA DE AQUIRAZ-(CE)**

PINHEIRO, L. DE S.<sup>1</sup>; GOMES, M.L.<sup>1</sup>; FALCÃO, T.O.<sup>1</sup>

1. Universidade Estadual do Ceará, Av. Paranjana n°1700, (85)-3101-9786, [lidriana@uece.br](mailto:lidriana@uece.br); [tatifal@gmail.com](mailto:tatifal@gmail.com); [jader@uece.br](mailto:jader@uece.br)

MORAIS, J. O<sup>2</sup>

2. Bolsista do CNPq

### **RESUMO**

As regiões costeiras por serem hidrograficamente zonas de baixo curso, apresentam significativa dependência das águas que fluem do continente ao mar. O aproveitamento das águas fluviais, com o fechamento de um rio para a formação do reservatório, assim como, o aproveitamento da planície de inundação, através de obras de canalização, está associado à geração de uma série de alterações fluviais, com repercussões na zona costeira. Os principais impactos ambientais decorrentes da construção de barragens são a diminuição do aporte de sedimentos para a deriva litorânea e a migração de desembocaduras fluviais na direção da corrente longitudinal, gerando áreas de erosão. Esta problemática pode ser observada na área de influência direta do rio Catu que compreende uma faixa de praia de aproximadamente 2 km de extensão, localizada no município de Aquiraz, a 26 km de Fortaleza. Os estudos de morfodinâmica estuarina e análise de impactos causados por barramentos na zona costeira adjacente são instrumentos úteis na determinação das potencialidades e vulnerabilidade ambiental. Além disso, contribuem para elaboração de categorias de uso e ocupação a partir de uma nova realidade ambiental e perspectivas sócio-econômicas. Por isso, o objetivo deste trabalho foi identificar, avaliar e diagnosticar o comportamento morfodinâmico e vulnerabilidade a erosão costeira em função da construção de barramentos e uso e ocupação da zona costeira adjacente à foz do rio Catú. A área foi delimitada em três células de monitoramento do qual foi levada em consideração a variação morfológica da linha de costa, diferentes níveis de ocupação, existência de estruturas de proteção e estruturas de reabilitação. Foram realizados levantamentos bibliográficos, delineamento das principais feições geomorfológicas e transformações no espaço costeiro nas últimas duas décadas. Foi levantado em campo as características morfodinâmicas da praia, incluindo neste caso a foz. A linha de costa foi classificada quanto a vulnerabilidade a erosão. A redução da descarga fluvial para  $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  acentuou o processo de migração lateral do canal sobre a faixa de praia, gerando áreas de riscos no setor densamente ocupado por casas de veraneio e comércio. A proteção natural a erosão costeira é baixa, com perfis de praia de extensão média de 120 m. A vulnerabilidade a erosão é alta, com áreas de riscos iminentes restritas aos setores 2 e 3. A taxa de recuo da linha de costa para o período de 1998 a 2005 variou em média de -0,11 a -0,3 m/ano.

Palavras-chave: estuários, erosão costeira, riscos ambientais.

### **INTRODUÇÃO**

A costa cearense é marcada por um grande número de drenagens barradas pelos campos de dunas e/ou cordões arenosos que isolam de forma parcial ou total a comunicação dos estuários com o mar, formando amplas planícies de inundação que em muitos casos evoluem para sistemas lacustres e/ou lagunares (Pinheiro, 2003). As evidências e a escala temporal deste processo são bastante variadas, podendo ter ocorrido nos últimos 18.000 anos ou em escalas mais rápidas. Sendo as regiões costeiras hidrograficamente zonas de baixo curso, as mesmas apresentam

significativa dependência das águas que fluem do continente ao mar. A descarga fluvial dá origem a um efeito de molhe hidráulico, retendo à barlar os sedimentos transportados pela deriva litorânea, produzida pela aproximação oblíqua das frentes de ondas. Se a vazão do rio diminui, seja em função do regime pluviométrico ou pela construção de barramentos e/ou outros tipos de intervenção, o efeito do molhe hidráulico será reduzido, desencadeando um processo de erosão a barlar (Martin e Dominguez, 1994). O aproveitamento das águas fluviais, com o fechamento de um rio para a formação do reservatório, assim como, o aproveitamento da planície de inundação, através de obras de canalização, está associado à geração de uma série de alterações fluviais, com repercussões na zona costeira (Kjerve, B., 1990).

Os principais impactos ambientais decorrentes da construção de barragens são a diminuições do aporte de sedimentos para a deriva litorânea e a migração de desembocaduras fluviais na direção da corrente longitudinal, gerando áreas de erosão. O Estado do Ceará é um dos maiores construtores de reservatórios para abastecimento no Brasil e o número de obras no médio e baixo curso tem aumentado significativamente. O que eleva em magnitude, os impactos diretos na zona estuarina e faixa de praia adjacente. As praias neste caso são importantes áreas para o desenvolvimento do turismo, além de ser ocupada por mais de 50% da população do Estado. À luz dessas discussões, a aplicação dos estudos de morfodinâmica estuarina e análise de impactos causados por barramentos na zona costeira adjacente são instrumentos úteis na determinação das potencialidades e vulnerabilidade ambiental. Além disso, contribuem para elaboração de categorias de uso e ocupação a partir de uma nova realidade ambiental e perspectivas sócio-econômicas. Por isso, o objetivo deste trabalho foi identificar, avaliar e diagnosticar o comportamento morfodinâmico e vulnerabilidade a erosão costeira em função da construção de barramentos e uso e ocupação da zona costeira adjacente a foz do rio Catú.

## **ÁREA DE ESTUDO**

A área de influência direta do rio Catu compreende uma faixa de praia de aproximadamente 2 km de extensão (Figura 1). A faixa de praia esta localizada no município de Aquiraz, primeira capital do estado do Ceará, na localidade de Prainha, a 26 km de Fortaleza. O acesso se dá pela Rodovia CE-040. A zona costeira é caracterizada pelos depósitos de sedimentos Quaternários. A precipitação média anual é de 1.500 mm. Os meses de março, abril e maio acumulam cerca de 96% da precipitação. Os maiores e menores valores da umidade relativa são verificados nos meses de

março e setembro, respectivamente. Os valores de evaporação são altos, com um total anual de aproximadamente 1.800 mm, com máximas nos períodos de agosto a novembro, e mínimas de fevereiro a março. A temperatura média do ar varia de 24 °C (fevereiro) a 28°C (Dezembro). A direção predominante dos ventos é de E-SE que associado ao alinhamento da costa (SW-NW) favorece o transporte de sedimentos para a formação das dunas e praias. A velocidade dos ventos varia de 3.2 a 10 m/s ao longo do ano, controlado pela migração da Zona de Convergência Intertropical(ZCIT).

A principal atividade econômica de Prainha de Aquiraz é o veraneio e turismo, sendo que este último passou por um processo de estagnação desde o final da década de 90. Credita-se o insucesso a intensa ocupação de praia de Aquiraz e o desenvolvimento do turismo de massa, que aumentou também o risco social da área. Na margem direita do estuário do rio Catú existe um projeto de construção de um *resort* de grupos portugueses que associado aos investimentos estatais tem como objetivo estimular a indústria de turismo neste setor. A proximidade e a necessidade de atender as demandas de Fortaleza são usadas como justificativa para a implantação destes empreendimentos. Neste contexto se insere, o aproveitamento e exploração das potencialidades paisagísticas da Lagoa e estuário do Catú.

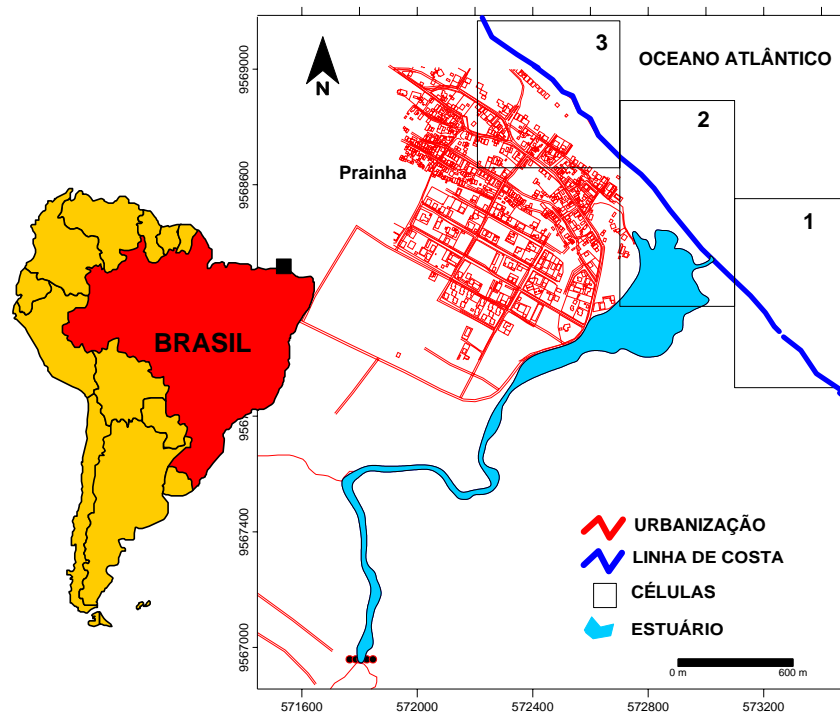


Figura 1. Localização da área de estudo.

## **METODOLOGIA**

A área foi delimitada em três células de monitoramento do qual foi levada em consideração a variação morfológica da linha de costa, diferentes níveis de ocupação, existência de estruturas de proteção e estruturas de reabilitação como é o caso do núcleo urbano da Prainha de Aquiraz. Foram realizados levantamentos bibliográficos das séries históricas locais e regionais das variáveis climáticas, evolução geológica, variação da linha de costa, variação do nível relativo do mar e processos associados. Através dos trabalhos de sensoriamento remoto e geoprocessamento foram delineadas as principais feições geomorfológicas, as transformações no espaço costeiro nas últimas duas décadas, incluindo neste caso a faixa de praia e foz do estuário. Adotando os métodos sugeridos por Emery (1961) e Muehe (1996) foram realizados perfis morfodinâmicos da faixa de praia a fim de definir, através das principais feições morfológicas, áreas de recuo e progradação da linha de costa e transporte eólico nas imediações da foz e em áreas de influência direta do estuário. Esses dados foram correlacionados com os obtidos por Pinheiro (2003) na área em questão. Os perfis de praia foram realizados perpendicularmente a linha de costa para a identificação dos estágios morfodinâmicos praias (Short, 1987 e 1999).

A vulnerabilidade à erosão indica a susceptibilidade de um segmento de praia passar a ser uma área de risco geológico. O grau de vulnerabilidade para a área em estudo foi definido pelos seguintes critérios propostos por Pinheiro(2003): (1º) alto: Ausência de pós-praia, faixa de praia reduzida e inclinada, perfis morfodinâmicos variando de intermediário a reflectivos, exutórios de drenagens costeiras na faixa de praia, percentual de ocupação variando de 60 a 100% e forte presença de estruturas de proteção; (2º) médio: A faixa de praia apresenta uma frágil estabilidade, pós-praia reduzida e com obras de fixação, perfis morfodinâmicos, predominantemente, intermediário e percentual de ocupação variando de 30 a 60% e (3º) baixo: faixa de praia com pós-praia e estirâncio bem desenvolvido, proteção natural à erosão, ausência de obras de contenção, ausência de riachos desaguardo na praia e baixa densidade populacional.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

**- Aspectos da elaboração da paisagem e impactos contíguos à foz do rio Catu.**

A fragilidade do estuário do Catu antecede o processo de especulação imobiliária e a construção do reservatório Catu-Cinzento, estando relacionados a morfodinâmica dos campos de dunas móveis e deriva litorânea ao longo do Quaternário. Essas dunas impulsionadas pelos ventos de E-SE migraram na direção do canal estuarino dando origem a Lagoa do Catu e restringindo a ação das marés ao primeiro setor. Aliado a este processo, a dinâmica da foz passou a ser controlada pela ação da deriva litorânea tendo em vista que a função de espigão hidráulico da drenagem ficou limitada e/ou ausente. Isso resultou na formação de cordões arenosos que lentamente barraram a foz do rio. No período chuvoso, a barra era reaberta e criava-se um ambiente sazonal com características estuarinas.

Em 1993 a Prefeitura de Aquiraz realizou uma intervenção no barramento natural da lagoa na tentativa de aumentar o armazenamento de água e garantir o abastecimento da cidade de Aquiraz que estava comprometido pelo longo período de estiagem dos anos antecedentes. No ano seguinte, as precipitações situaram-se acima da média, resultando em inundações das planícies aluviais à montante da estrutura e colocando em risco as urbanizações e atividades agro-industriais ali existentes (Gomes, 2003). Em 1995, através de estudos solicitados pela Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará foi sugerida a construção de um vertedouro na área de barramento natural das dunas com rebaixamento da cota de sangria de 8.84 m para 5.84 m, para regularizar as vazões e evitar as inundações.

A obra foi concluída em 2003 com vazão regularizada afluente ao estuário estimada em  $0,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Além do vertedouro foi sugerida a construção de uma barragem de terra no início do terço superior da bacia nas localidades de Cinzenta e Guarda. Em 1998, a ocupação dos terrenos a beira-mar e nas margens do Catu ultrapassou o percentual de 85%. O contínuo transpasse de areia na margem direita promoveu a migração da drenagem na direção das estruturas instaladas na outra margem, originando erosões pontuais (Figura 2). No ano de 2002 foi concluída a barragem Catu-Cinzento com capacidade de  $27,1 \times 10^6 \text{ m}^3$  e vazão regularizada de  $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Com isto, o processo de migração lateral do canal estuarino se intensificou gerando áreas de riscos na margem esquerda, setor densamente ocupado por casas de veraneio e comércios.



Figura 2. Migração lateral do canal estuarino na direção dos equipamentos urbanos na localidade de praia de Aquiraz.

Para se quantificar os reais impactos em médio prazo da construção de reservatórios no ambiente praial é mister o reconhecimento da realidade atual para se fazer comparações seguras e se estabelecer um plano de monitoramento. Em relação aos processos erosivos, a área foi classificada em três graus de vulnerabilidade distribuídos nas células da seguinte forma:

Setor I - Apresenta uma área de intensa deflação eólica, com a livre circulação de sedimentos entre a praia e sistema de dunas locais e cordões arenosos da pós-praia. A sua faixa de praia tem em média 150 m de extensão com considerável estoque de sedimentos na antepraia na forma de barras arenosas submersas. A disponibilidade de sedimentos e os processos hidrodinâmicos favorecem a formação de *spits* arenosos e, por conseguinte a migração lateral da foz do rio Catu. A ausência de urbanização confere a este setor o grau de vulnerabilidade 3. Foi aprovada a construção de um *resort* com parque aquático neste setor da costa.

Setor II- As maiores variações observadas são decorrentes da abertura da barra do riacho nos períodos das maiores precipitações e das mudanças nos padrões de arrebentação das ondas pela existência de barras arenosas submersas. A extensão média da faixa de praia é de apenas 30 m, constituída predominantemente por areias quartzosas sedimentadas pela deriva litorânea (Figura 3). Área inadequada para implantação de barracas e outras atividades que dificulte o transpassagem de areias. Este setor apresenta, pelo conjunto das suas variáveis ambientais, grau de vulnerabilidade 1.

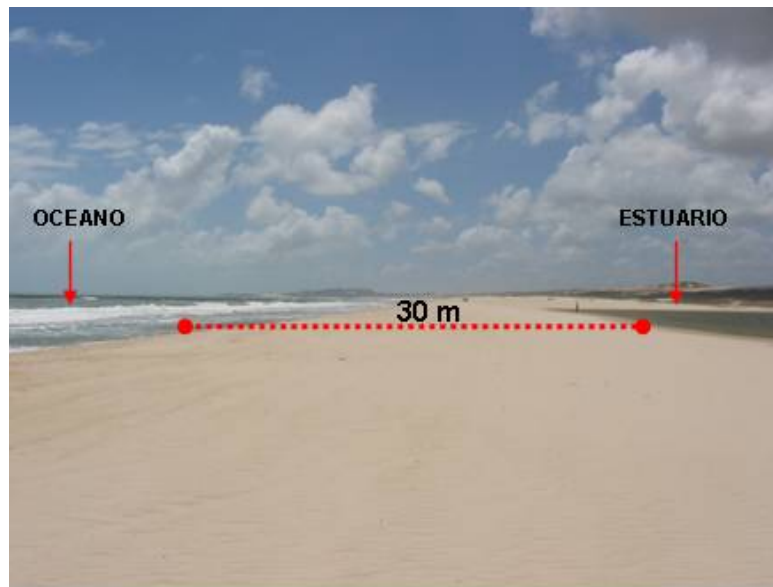


Figura 3: Depósitos de areias recentes que isolam o estuário do rio Catu do oceano consistindo em áreas inadequadas a ocupação.

Setor III- Neste ponto ocorre a estabilização das antigas zonas de deflação eólica e de terraços marinhos pela ocupação das casas de veraneio. Apresenta um grau de proteção a erosão natural baixo, devido principalmente a ocupação das áreas de contribuição de sedimentos. A extensão média do perfil de praia neste setor é de 110 m e a taxa de erosão é de aproximadamente -0,1 m/ano. A vulnerabilidade aos processos erosivos é alta (1). A síntese do diagnóstico dos processos de morfodinâmica praial estão organizadas na figura 18.



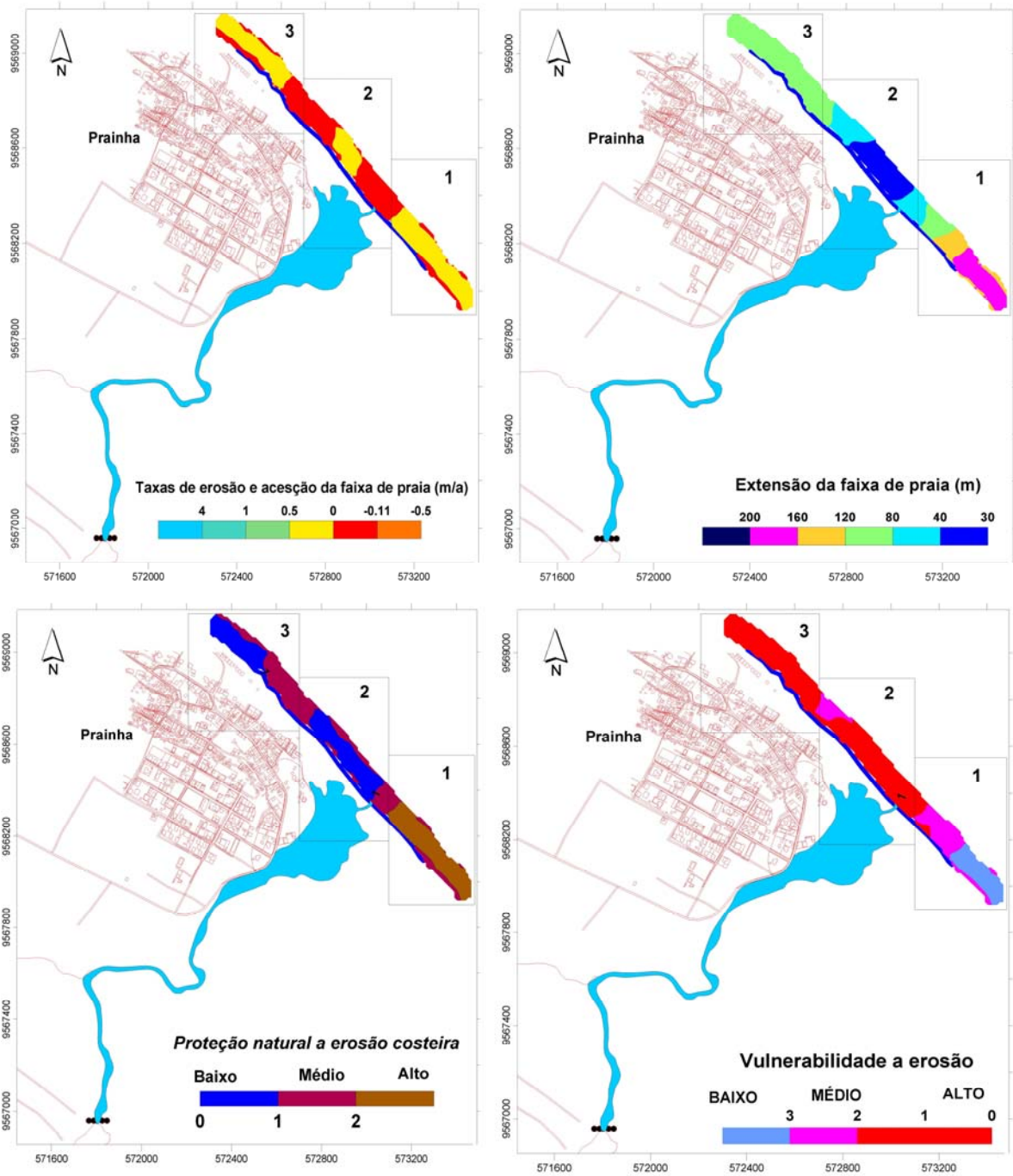


Figura 18. Diagnóstico da vulnerabilidade a erosão da faixa de praia adjacente a foz do rio Catu.

## CONCLUSÕES

- A área de influência direta do ambiente estuarino apresenta uma baixa sustentabilidade ambiental com uso potencial limitado ao ecoturismo e preservação;



- A fragilidade do estuário do Catu antecede o processo de especulação imobiliária e a construção do reservatório Catu-Cinzeno, estando relacionados a morfodinâmica dos campos de dunas móveis e deriva litorânea ao longo do Quaternário;
- A redução da descarga fluvial para  $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a partir da construção da barragem a 2,53 km da foz representou o principal vetor de comprometimento da capacidade de suporte do estuário e acentuou o processo de migração lateral do canal sobre a faixa de praia, gerando áreas de riscos no setor densamente ocupado por casas de veraneio e comércios.
- A proteção natural a erosão costeira é baixa, com perfis de praia de extensão média de 120 m. A vulnerabilidade a erosão é alta, com áreas de riscos iminentes restritas aos setores 2 e 3. A taxa de recuo da linha de costa para o período de 1998 a 2005 variou em média de -0,11 a -0,3 m/ano.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao projeto “Diagnóstico geoambiental e socioeconômico e proposta de monitoramento das áreas estuarinas e manguezais dos rios Malcozinhado, Catu, Timonha e Jaguaribe” (convênio: SRH, BIRD, FUNCEME, SEMACE, IEPRO). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão das bolsas. Ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica da Universidade Estadual do Ceará (LGCO/UECE) pela infra-estrutura nos trabalhos de campo e laboratório.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- EMERY, K. O. A Simple Method of Measuring Beach Profiles. *Limnology and Oceanography*. 6(1):90-93, 1961.
- GOMES, M.L. Aspectos hidrológicos, sedimentológicos e impactos ambientais na lagoa costeira do Rio Catú-Aquiraz-Ceará. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade estadual do Ceará, 138 p., Fortaleza-CE, 2003.
- KJERVE, B. Estuarine characteristics, circulation and physical processes. In: *Estuarine Ecology*. J.W. Day Jr. et al. John Wiley and Sons Inc, New York, NY, p.47-78, 1990

- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L. Geological history of coastal lagoons. *In*: KJERVE, B. **Coastal Lagoon Processes**. London: Elsevier Oceanography Series, 1994. p. 41-66.
- MUEHE, D. Geomorfologia Costeira, *In*: Guerra, A.J.T.; Cunha,S.B. (Org). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2a edição, 191-238, Edit. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro (RJ),1996.
- PINHEIRO, L.S. Riscos e Impactos Ambientais no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel-CE. Tese de Doutorado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, 235 p., Recife-PE, 2003.
- SHORT,A.D. H. Beach hazards and Safety. *In*: **Handbook of beach and shoreface morphodynamics** (org. Andrew D. Short). England, Ed. Jonh Wiley & Sons,LTD. 293-303p, 1999.
- SHORT.A.D. Note on the controls of beach type and change, with S.E. Australian examples. **Journal Coastal Research**. Charlottesville,v.3,n.3,p.387-395,1987.