

Levantamentos Morfodinâmicos Para Análise do Equilíbrio Sedimentar da Praia do Pecém, São Gonçalo do Amarante – Ce, Brasil.

¹Silvio Roberto de Oliveira Filho, ²Jáder Onofre de Morais, ³Davis Pereira de Paula, ⁴Lidriana de Sousa Pinheiro.

¹ silvim@gmail.com; ² jader@uece.br; ³ davispp@yahoo.com.br; ⁴ lidriana@uece.br.

^{1, 2 e 4} Universidade Estadual do Ceará – UECE.

³ Universidade de Algarve – Portugal.

Abstract

The coastal environments naturally have a constant dynamic equilibrium, being interrupted, especially, by human action. The interaction between man and nature through the disordered occupation process can generate catastrophic erosive events along the coast, such as the destruction of buildings located in tide dominated areas. This study aimed to evaluate the sediment balance of Pecém Beach after the construction of Terminal Portuary of Pecém - TPP (1995-2002). In that sense, were carried out morphodynamic surveys based on cross-shore profiling; sediment, hydrodynamic and aeolian action characterization of Pecém Beach, located at São Gonçalo do Amarante municipality, west coast of Ceará State, 50 km from Fortaleza. The results allowed examining the current environmental conditions, assessing the erosive events (loss) and sedimentation (gain).

Resumo

Os ambientes costeiros possuem naturalmente um equilíbrio dinâmico constante, sendo interrompido, principalmente, pela ação antrópica. A interação do homem com a natureza através da ocupação desordenada do solo pode gerar eventos erosivos catastróficos ao longo do litoral, a exemplo a destruição de construções civis localizadas em zonas de domínio de marés. Este estudo objetivou avaliar o equilíbrio sedimentar da praia do Pecém após a construção do Terminal Portuário do Pecém – TPP (1995-2002). Neste intuito foram realizados levantamentos da morfodinâmica praial a partir do método de perfis morfodinâmicos transversais, da caracterização sedimentológica, da hidrodinâmica e da ação eólica da praia do Pecém, localizada no Município de São Gonçalo do Amarante, litoral Oeste do Estado do Ceará, a 50 km de Fortaleza. A partir dos resultados obtidos foi possível analisar as condições ambientais atuais, avaliando os eventos erosivos (perda) e progradacionais (ganho).

Palavras-Chave: morfodinâmica, Pecém, equilíbrio sedimentar, erosão, sedimentação, morfodinamic, sedimentation, erosive.

1 - Introdução

As praias são acumulações de sedimentos, depositados ao longo do litoral, que se encontram em constante movimento, através dos ventos, correntes marítimas, variações de marés e ação das ondas, conseqüentemente causando alterações na morfogênese praial. Desta forma, o perfil morfológico varia com o ganho ou perda de sedimentos, de acordo com as alternâncias entre tempo bom (engordamento) e tempestade (erosão).

Os ventos têm importante papel na dinâmica praial, pois são responsáveis pela formação e migração dos campos de dunas, esses constituem fontes secundárias de realimentação do perfil praial. O vento local também é responsável pela formação de ondas do tipo “*sea*”, ondas de curto período que contribuem com o balanço sedimentar da área. As marés de quadratura têm pouca influência na transformação da morfologia litorânea, porém as marés de sizígia modificam com maior intensidade o perfil praial.

A praia do Pecém, objeto de estudo, passou a ter ampla importância no cenário nacional e internacional a partir de 1995, quando foram iniciados pelo Grupamento de Navios Hidroceanográficos da Marinha do Brasil os levantamentos ecobatimétricos da costa do Estado do Ceará, para que fosse construído o Complexo Industrial e Portuário do Pecém, que teve sua inauguração no ano de 2002, causando transformações expressivas no ambiente costeiro local desde então.

As grandes perdas de sedimentos na região do Pecém estão ligadas diretamente a eventos de tempestades, momento esse, que o trem de ondas entra frontalmente à costa, provocando grandes retiradas de sedimentos e conseqüente déficit sedimentar do perfil.

Dessa forma o clima é um dos fatores preponderante na morfogênese praial, pois ele gera a desagregação dos afloramentos rochosos, através de processos de intemperismos físicos, químicos e biológicos. Em geral, o sedimento dominante é formado pelas areias, mas também existem praias formadas por cascalhos, seixos e por elementos mais finos que as areias, como siltes e argilas.

Portanto é necessária uma avaliação da morfodinâmica local, para que possamos entender a dinâmica deste ambiente, consorciando as relações espaciais físicas e humanas, visto que este estudo é importante em áreas com estruturas portuárias, pois as mesmas influenciam positiva ou negativamente no balanço sedimentar de uma praia, a exemplo no Estado do Ceará os impactos produzidos pela construção do Porto do Mucuripe (erosão) e do Porto do Pecém (progradação).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a morfodinâmica local a partir de dados de perfis topográficos, sedimentos, ondas, ventos e urbanização da zona costeira do Pecém, visando descrever a morfologia deste ambiente através de dados *in situ* e correlacioná-los com os padrões de uso e ocupação da faixa de praia do Pecém.

A área estudada corresponde à praia do Pecém, localizada no Município de São Gonçalo do Amarante (Fig. 1), litoral Oeste do Ceará, distante 50 km de Fortaleza, capital do Estado, tendo como acesso a Rodovia Costa do Sol Poente, mais conhecida como CE-085.



Figura 1: Mapa de localização dos pontos de monitoramento.

2 - Metodologia

Na avaliação dos eventos erosivos e progradaçãois da praia do Pecém foram estabelecidos oito pontos de monitoramento, equidistantes 400 metros, distribuídos a oeste do Terminal Portuário do Pecém, abrangendo parte da faixa costeira em frente ao Porto e toda a área costeira urbanizada, totalizando um total de 3.200 metros de faixa praias monitorada.

Com o uso de *GPS* (Sistema Global de Posicionamento), foi georeferenciado cada ponto de monitoramento.

Foram realizados perfis topográficos perpendiculares à linha de costa durante os meses de março, junho, agosto e novembro de 2007, fevereiro e abril de 2008. Foram coletadas amostras de sedimentos durante os meses de junho, agosto e novembro de 2007, e abril de 2008, além da coleta de dados do clima de ondas e ventos. Os perfis topográficos foram realizados com o auxílio de uma Estação Total e um prisma topográfico, sendo os dados tratados no programa Grapher 4.

Também foram coletadas amostras de sedimentos ao longo das feições de praia,

berma, estirâncio e antepraia, sendo elas armazenadas em sacos plásticos e etiquetadas. Após a fase de coleta, as amostras foram transportadas até o laboratório, para serem analisadas.

Os sedimentos foram analisados no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO - UECE) através dos métodos de peneiramento úmido e mecânico, para o cálculo dos parâmetros estatísticos de distribuição (média, mediana, selecionamento, assimetria e curtose), segundo os métodos clássicos em sedimentologia de SUGUIO (1992) in MUEHE (1996). Os dados foram tratados estatisticamente por um software de computador, Sistema de Análise Granulométrica – SAG (LAGEMAR/UFF), sendo a classificação textural final baseada nos estudos de FOLK (1968) in MUEHE (1996).

3 - Resultados E Discussões

As variações morfodinâmicas foram analisadas nos meses de estiagem (junho, agosto e novembro de 2007) e nos meses chuvosos (março de 2007, fevereiro e abril de 2008) nos 8 pontos de monitoramento (Figura 1). A síntese dessa variação encontra-se a seguir:

O **Ponto 1** mostrou-se com maior quantidade de sedimentos na berma ao longo do primeiro mês analisado, havendo uma sedimentação no estirâncio nos meses de estio subsequentes, atingindo o seu ápice em novembro. Nos meses de fevereiro e abril o perfil se apresenta semelhante ao mês de março de 2007, com bastante sedimentos na berma e com pouco no estirâncio, deixando a transição entre estirâncio e antepraia bem suave.

No **Ponto 2**, a berma não tem um grande acúmulo de sedimentos, sendo o estirâncio, nos primeiros meses analisados, onde se encontra a maior acumulação. Nos meses de novembro de 2007, fevereiro e abril de 2008, há um desequilíbrio na dinâmica deste ponto, nos mostrando uma grande acumulação de sedimentos no estirâncio inferior e na antepraia, e havendo um ganho de faixa praial de em média 80 metros.

No **Ponto 3**, a maior acumulação de sedimentos é no estirâncio, havendo uma migração destes sedimentos nos meses posteriores, entre estirâncio inferior e superior. A partir de fevereiro de 2008, a berma começa a acumular sedimentos, enquanto o estirâncio começa a perder. Neste mesmo mês, há um ganho de praia de em média 85 metros. No mês de abril de 2008, houve uma sedimentação bastante expressiva no estirâncio inferior.

Em relação ao **Ponto 4**, nos quatro primeiros meses analisados, a maior parte dos sedimentos está distribuído entre a berma e o estirâncio, havendo um alto grau de declividade

na transição do estirâncio inferior para antepraia. Nos meses de fevereiro e abril de 2008, houve uma significativa perda de sedimentos, ou seja, uma erosão, que como sugere a literatura, nos meses de período chuvoso (tempestade) os sedimentos mais finos são facilmente levados pela ação das marés e ventos.

Já no **Ponto 5**, o perfil mostrou-se semelhante em quase todos os meses, exceto em março de 2007 e abril de 2008, nos quais percebe-se uma redução no volume de sedimentos em todas as feições (berma, estirâncio e antepraia).

Assim como no ponto 5, o **Ponto 6** é semelhante durante quase todos os meses avaliados, afora os meses novembro de 2007 e fevereiro de 2008. Em novembro há um grande declive na transição da berma para o estirâncio, caracterizando uma grande e profunda cava, tendo seu volume preenchido por água do mar durante a preamar, podendo ser considerada uma pequena laguna. No mês de fevereiro é possível perceber um maior acúmulo de sedimentos no estirâncio.

Os **Pontos 7 e 8** mostraram-se com maior equilíbrio dinâmico, pois durante quase todos os perfis analisados, o volume de sedimento permaneceu praticamente o mesmo, com pequenas alterações, exceto no **Ponto 7** (novembro de 2007) que houve uma sedimentação considerável na berma e no estirâncio, em média 1 metro de distância vertical (cota).

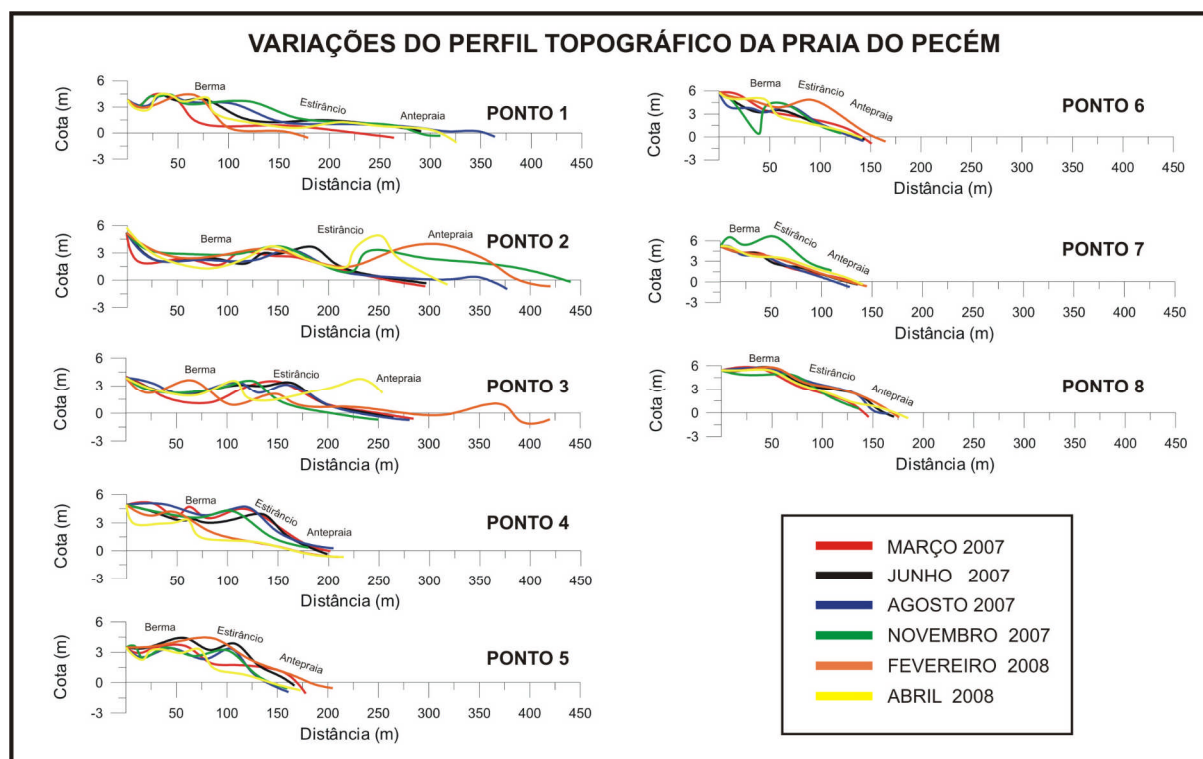


Figura 2: Variações do perfil topográfico da praia do Pecém.

Conforme observado nos cinco primeiros pontos, durante o período de estio (seco), é normal que haja uma pequena sedimentação. Este ganho sedimento pode ser explicado através do regime de ondas durante o período seco, pois predominaram em quase sua totalidade as ondas do tipo “*sea*”, ondas que são formadas pelos ventos locais, e que não promovem erosão do perfil praial, pois sua força é amortizada pelo quebra mar do Terminal Portuário do Pecém (figura 3). O clima de ondas nesta época do ano mostrou que o *período de onda* (T), foi em média de 3,7 segundos.

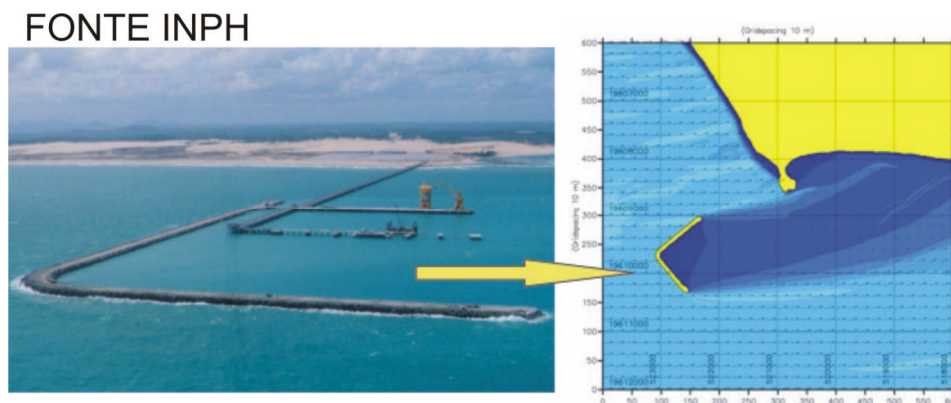


Figura 3: Quebra mar e zona de sombra de ondas *sea*. Fonte: INPH.

Durante eventos de tempestade, como sugere a literatura, é normal à perda de sedimentos no ambiente praial, pois a ação das ondas é intensificada com a chegada de ondas com maior comprimento, vindas do atlântico norte. São chamadas ondas *swell*. Com a chegada deste tipo de ondas a área de sombra do quebra-mar modifica seu campo de influência (Figura 4), abrigo apenas os pontos **1** e **2**, que ainda assim sofrem eventos erosivos na antepraia e no estirâncio inferior. Com a retirada destes sedimentos, exumam-se as rochas de praia conhecidas como “*beach rocks*” (Figura 5), que segundo MORAIS (1968), são areias cimentadas próximas ao nível do lençol freático, onde as condições de temperatura são altas, o que possibilitaria a precipitação de CaCO_3 (Carbonato de Cálcio) como cimento. Essas rochas de praias funcionam como obstáculo natural de proteção da praia contra os processos erosivos. Na preamar essas rochas ficam submersas, imperceptíveis ao banhista, o que podem causar riscos à segurança dos mesmos.

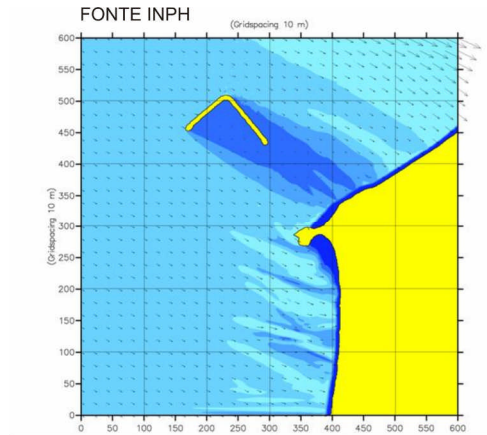


Figura 4: Zona de sombra de ondas *swell*. Fonte INPH.



Figura 5: Beach rocks.

As ondas que banham o Estado do Ceará apresentam uma forte componente de E com direções variando entre os quadrantes E, E-NE e E-SE, mantendo uma estreita relação com as direções predominantes dos ventos. A incidência de ondas ao longo da costa resulta em uma componente residual e transporte preferencial de sedimentos na direção SE-NW. As alturas significativas das ondas variam de 0,8-1,5 m, com maior percentual entre as alturas de 1,1 e 1,2 m. As maiores alturas são observadas no primeiro semestre do ano, responsáveis por profundas modificações no perfil praiar (ALBUQUERQUE et al, 2006). Assim os ventos na região do Pecém obedeceram ao modelo, com a direção dos ventos variando entre os quadrantes E, E-NE e E-SE.

Em relação aos sedimentos, de acordo com o tamanho das partículas, expressa pelo valor da média ou mediana, usou-se a classificação de WENTWORTH (1922) in MUEHE (1996). Os pontos obtiveram uma predominância de sedimentos médios na berma e finos no estirâncio durante todos os meses de coleta. Na antepraia houve uma maior frequência de sedimentos finos e muito finos. O **Ponto 1** foi o único local onde durante todos

os meses de coletas e análises, o sedimento não mudou em nenhuma feição (berma, estirâncio e antepraia). No período chuvoso, é normal que permaneçam no local os sedimentos mais grossos, pois os sedimentos mais finos são facilmente retirados pela ação de ondas, sendo depositados na zona de arrebentação. Porém como a praia do Pecém em relação à energia de ondas é relativamente fraca, quase todos os pontos permaneceram com sedimentos médios e finos.

Os pontos 1, 2, 3 e 4, que são os primeiros pontos a oeste da ponte do Terminal Portuário do Pecém - TPP, não possuem urbanização na faixa de praia, havendo nos dois primeiros pontos parte do terminal portuário, mas que fica situado na pós-praia. As construções estão a 206, 105, 80 e 64 metros respectivamente da linha de preamar. Nos pontos 5, 6 e 7, são onde localizam-se o grande adensamento de construções, pois é lá que se estabelece o núcleo urbano da praia do Pecém. Estas construções estão a 25, 14 e 11 metros respectivamente da linha de preamar. Estas construções na berma dificultam o by pass de sedimentos ao longo do perfil praial, ocasionando erosão, ou seja, deixando negativo o balanço sedimentar da área. Nestes pontos é possível perceber que a faixa de praia é bem menor que nos pontos 1, 2, 3, 4 e 8, indicando que construções na berma da praia podem ocasionar uma redução na faixa praial. O ponto 8, assim como os quatro primeiros pontos, não possui construções na faixa praial, acarretando numa faixa de praia maior.

4 - Conclusões

Os pontos 4 e 5 foram os únicos que através dos perfis topográficos, nos mostraram que houve no período de chuvas (tempestade) uma erosão e no período de estio (seco) uma sedimentação, característicos da dinâmica de ambientes praias. Os pontos 7 e 8 mostraram-se os mais dinâmicos dentre os perfis analisados.

Em relação aos sedimentos analisados, foi possível constatar que, durante o período chuvoso e seco, em relação ao tipo (grosso, médio, fino e muito fino) quase não houve modificações, tendo predominado na berma, estirâncio e antepraia, sedimentos médios, finos e muito finos respectivamente.

No que se refere ao clima de ondas e ventos da região, há predominância de ondas do tipo *sea*, de curto período, com altura significativa de 0,8 metros em média, formadas por ventos locais. Apenas nos meses chuvosos, é que há uma predominância de ondas *swell*, com períodos maiores, com altura significativa de 1,3 metros. A direção dos ventos no litoral

estudado apresentou variações entre os quadrantes E, E-NE e E-SE.

Tendo em vista a morfodinâmica local, juntamente com a hidrodinâmica, ventos, e fazendo uma análise de sedimentos, discernimos que ao longo da área analisada, os oito pontos de monitoramento mostraram uma boa dinâmica sedimentar, não havendo de fato erosão, e sim uma tendência progradacional.

5 - Bibliografia

ALBUQUERQUE, M. G.; PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J.O; FROTA, F.V.; LIMA, A. M.; As Características Morfodinâmicas Das Praias Da Barra Do Ceará, Futuro E Caponga – Ceará. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. 2006.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geomorfologia. Ed Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1974.

DAVIES, J. L. 1980. Geographical variation in coast development. 2ª edição. Londres: Longman, 212 p.

DUARTE, Robson Xavier. Caracterização do ambiente praial: Morfologia, Aspectos Hidrodinâmicos e Sedimentologia. Exame de Qualificação. Recife, 1997.

MORAIS, Jader Onofre de . Contribuição ao Estudo das Beach Rocks do Nordeste do Brasil. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, RECIFE, v. 9, n. 11, p. 79-94, 1968.

MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S.; OLIVEIRA, G. G.; MOURA, M. R. Morfodinâmica praial e suas implicações no surgimento de riscos no uso das praias de Iparana e Pacheco, Caucaia-CE. In: II Congresso Brasileiro de Oceanografia. XVII Semana nacional de oceanografia. Vitória, 2005.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira in Cunha S.B. da e Guerra A.J.T. (Orgs.). Geomorfologia: Exercícios Técnicas e Aplicações. Editora Bertrand Brasil S.A. 191-238, 1996.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira in Cunha S.B. da e Guerra A.J.T. (Orgs.). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil S.A. 253-300, 2003.

SHEPARD, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-sil-clay ratios. Journal of Sedimentary Petrology, 24: 153-156.

SHORT, A.D. 1999. Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. (Ed. Short, A.D.), John Wiley & Sons, LTD, 375 p.