

Jáder Onofre de Moraes

LABORATÓRIO DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEÂNICA – LGCO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

George Satander Sá Freire

LABORATÓRIO DE GEOLOGIA MARINHA E AMBIENTAL-LGMA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Lidriana de Souza Pinheiro

LABORATÓRIO DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEÂNICA – LGCO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

Marcos José Nogueira de Souza

LABORATÓRIO DE GEOGRAFIA FÍSICA E ANÁLISE GEOAMBIENTAL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

Alexandre Medeiros de Carvalho

LABORATÓRIO DE GEOLOGIA MARINHA E AMBIENTAL-LGMA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Paulo Roberto Silva Pessoa

LABORATÓRIO DE GEOLOGIA COSTEIRA E OCEÂNICA – LGCO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

Silvania Helena Magalhães Oliveira

LABORATÓRIO DE GEOLOGIA MARINHA E AMBIENTAL-LGMA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CEARÁ

Resumo

O Estado do Ceará apresenta uma linha de costa de 573 km que vem sofrendo extensivos processos erosivos. Neste capítulo são descritas as principais feições fisiográficas e geoambientais da zona costeira que representam a interação entre processos morfogenéticos, arcabouço geológico, climático e oceanográficos. A área em apreço foi compartimentada em diversas unidades e subunidades geoambientais agrupando um arcabouço geológico que vai do Pleistoceno superior ao Holoceno, apresentando em alguns trechos afloramentos do Pré-Cambriano e Cretáceo. Os processos hidrodinâmicos, eólicos, as principais feições geomorfológicas praias, altura de ondas, taxas de erosão e progradação foram tratados no sistema de informação geográfica (GIS). As interações e dados coletados foram provenientes das áreas praias correspondentes às principais áreas hidrográficas do Estado. A implantação de equipamentos tais como áreas portuárias e desenvolvimento urbano foram avaliados. Da mesma forma foram enfocadas as atividades extrativistas, de mineração, desmatamento, uso e abuso de áreas e avaliação de medidas que devem ser rigorosamente estabelecidos para preservação e evolução da faixa costeira. As variações sazonais de direção do vento, ondas, a configuração de marés altas em *swells*, o barramento de corredores eólicos, e ocupação inadequada são as principais causas dos processos erosivos.

Abstract

Ceará State coastline has undergone a great amount of erosion either provided by anthropogenic or geogenic reasons over the last decades. In this chapter, it is described the main physiographic and geoenvironmental features of the coastal zone, which represents the morfogenetic, climatic and oceanographic interactions within geological framework. This area has been taken into different geoenvironmental units and sub-units giving rise to a geological framework that spread out from Upper Pleistocene to Holocene and presenting some localities from Pre-Cambrian and Cretaceous outcrops. The eolian and hydrodynamic processes, the beach main geomorphologic features, wave height, erosion rate accretion has been treated into the Geographic Information System (GIS). The collected data and interactions were obtained from beach areas which correspond to the state principal *hydrographic* basins. The urban development and structural equipment such as harbour areas ad marinas were focused. It was also taken into account the extrativism, mineral explotation, deforestation, earth material use and abuse and a set of rules to be rigorously followed for the preservation and evolution of the coastal zone have been evaluated. The wave and winds *seasonal shiftings*, the swell configuration of high tide and the eolean corridor obstruction with inadequate occupation are the principal causes for the erosive processes.

CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E GEOAMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA DO ESTADO DO CEARÁ

A configuração do litoral representa a interação entre processos morfogenéticos (tectono-isostasia e flutuações do nível do mar), arcabouços geológicos, climáticos e oceanográficos. A identificação de compartimentos com características morfológicas e processos homogêneos é imprescindível ao uso e gestão desses espaços, principalmente pela riqueza de informações multidisciplinares e interdisciplinares que envolvem esses estudos. Na compartimentação do litoral brasileiro elaborado por Silveira (1964) in Muehe (1998), o litoral do nordeste foi dividido em dois macro-compartimentos: a costa semi-árida, a noroeste do cabo do calcanhar, e a costa oriental ou costa dos tabuleiros, do cabo do calcanhar até a baía de todos os santos.

Silva (1973) com base nos processos hidrodinâmicos e características morfológicas da linha de costa individualizou dois compartimentos para a costa semi-árida, cujos limites seriam os do Mangue Seco a Ponta de Itapagé, e de Itapagé ao cabo de Calcanhar. O Estado do Ceará, segundo a classificação de Silva (1973) teria uma parte inserida na costa semi-árida norte com direção W-E. A partir da foz do rio Acaraú a linha de costa apresenta direção predominante NE-SE, inserindo-se no litoral semi-árido sul.

Considerando a importância da bacia de drenagem nos processos costeiros, a zona costeira do Estado do Ceará estaria inserida em seis compartimentos representados pelas seguintes bacias hidrográficas delimitadas pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (figura 1): Bacias do Coreaú, Acaraú, Curú, Litoral, Metropolitana e do Baixo Jaguaribe. O sistema de drenagem é constituído por rios exoréicos de regime de escoamento intermitente sazonal. Por isso, as planícies fluvio-marinhas e ecossistemas de manguezais são pouco desenvolvidos. Tendo em vista que o médio curso e alto curso desses rios estão inseridos no núcleo de semi-aridez, o caudal é reduzido e controlado por um grande número de barragens construídas para abastecimento (Tabela 1). Os efeitos na zona costeira podem ser observados na diminuição da função de espigão hidráulico, aceleração dos processos morfodinâmicos na foz, ampliação das áreas de influência longitudinal da maré salina, hipersalinização sazonal e diminuição do aporte de sedimentos argilo-siltosos na planície fluvio-marinha.

Tab. 1. Área e Escoamento médio anual das bacias contribuintes da zona costeira do Estado do Ceará

Bacia	Área (km ²)	Deflúvio Médio Anual (mm)	Escoamento médio anual (hm ³)
I- Bacia do Coreaú	8171	2041	1625
II- Bacia do Acaraú	142876	1371	17433
III- Bacia do Curú	8577	1885	1158
IV- Bacia do Litoral	8865	1613	1235
V- Bacia Metropolitana	10825	3996	1554
VI- Baixo Jaguaribe	11559	1111	705.6

Fonte: COGERH (2004)

O estado do Ceará possui 19 municípios que fazem fronteiras com o mar. No entanto, no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) foram agrupados 33 municípios com atividades sócio-econômicas e processos interdependentes com o litoral. A porção marítima é equivalente a faixa de terras submersas até 22.2 km da linha de costa. Segundo o PNGC a costa do Estado do Ceará está setorizada da seguinte forma: Setor Extremo Oeste (Amontada, Itarema, Acaraú, Cruz, Jijoca de Jericoacoara, Camocim, Barroquina, Chaval e Granja), Setor Oeste (Paracuru, Paraipaba, Trairi, Itapipoca), Região Metropolitana de Fortaleza (Aquiraz, Fortaleza, Eusébio, Chorozinho, Pacajus, Horizonte, Itaitinga, Guaiúba, Pacatuba, Maracanaú, Maranguape, Caucaia, São Gonçalo do Amarante) e Setor Leste (Icapuí, Aracati, Itaiçaba, Fortim, Beberibe, Cascavel, e Pindoretama).

A zona costeira do Estado do Ceará foi agrupada e compartimentada por Souza (2000), sob o ponto de vista geoambiental, nas seguintes unidades (figura 2):

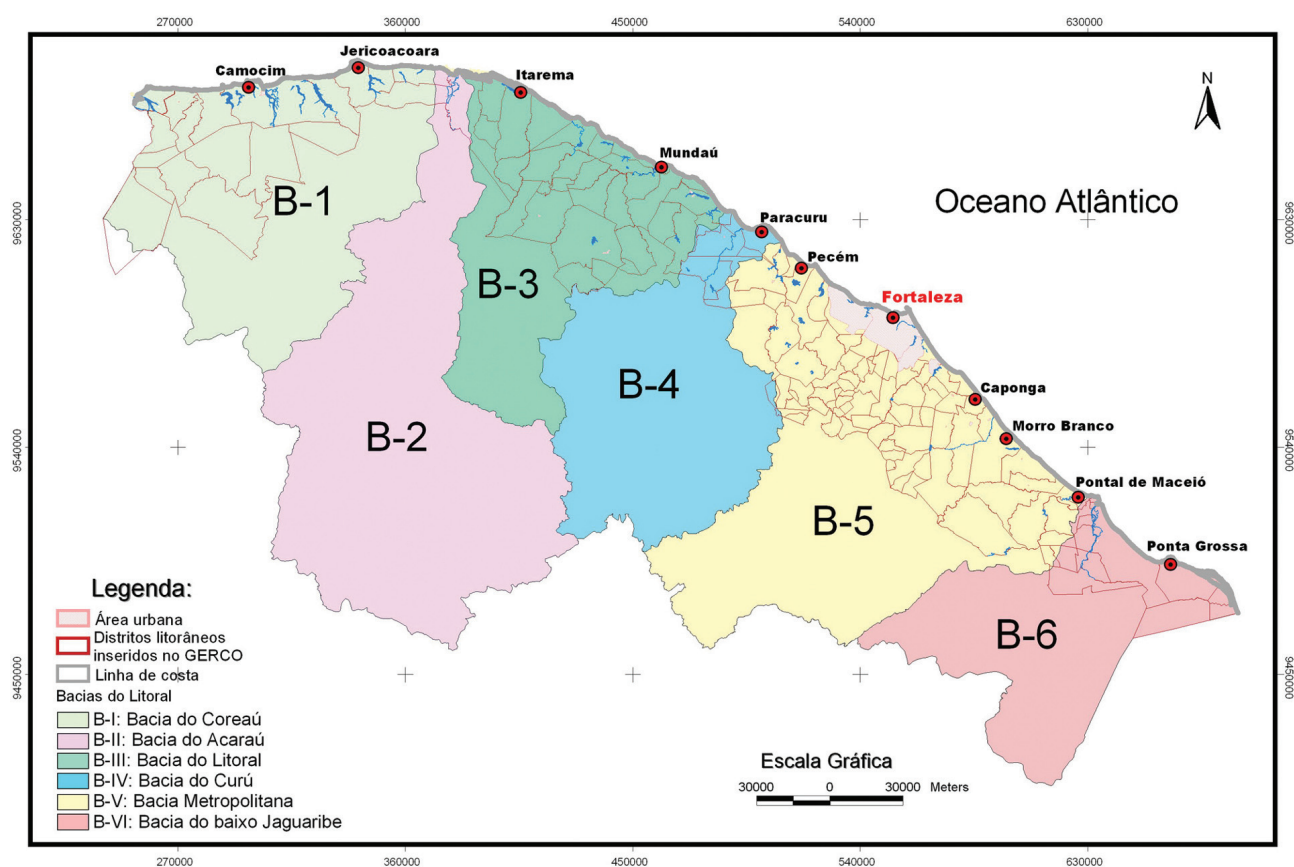
- (1) a planície litorânea (com subunidades constituídas pela faixa praial e campo de dunas móveis; campo de dunas fixas e peleodunas; desembocaduras fluviais em planícies flúvio-marinhas revestidas por manguezais, além de ocorrências eventuais e/ ou pontuais de pontas rochosas ou promontórios e de falésias);
- (2) as planícies fluviais com matas ciliares;
- (3) os corpos d'água lacustres envolvendo planícies flúvio-lacustres e lagoas freáticas;
- (4) áreas de acumulação inundáveis frequentes no Município de Aracati e
- (5) Tabuleiros Pré-Litorâneos ou Costeiros. A referida compartimentação foi utilizada por Souza (2003) para o Diagnóstico da Zona Costeira para a Gestão Integrada publicado pela Associação de Pesquisas e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – AQUASIS.

Estes compartimentos agrupam um arcabouço geológico que vai do Pleistoceno Superior ao Holoceno, sendo a mesma classificada como costa arenosa, retilínea com dunas de diversas gerações, planícies estuarinas e ocorrências localizadas de falésias. Isto a diferencia da costa nordeste oriental, dominada mais efetivamente por esta feição esculpida na Formação Barreiras. Predominantemente Tércio-Quaternária, apresenta também afloramentos do Pré-Cambriano e do Cretáceo em alguns dos seus trechos.

Aluviões fluviais, depósitos marinhos e eólicos-marinhos intercalados representam bem a fase de transição entre o Pleistoceno e Holoceno. Os estuários, terraços fluviais atuais, mangues, praias, dunas atuais, plataforma rasa, depósitos flúvio-marinhos, marinhos, eólicos e eólico-marinhos que constituem os depósitos Holocênicos. Ocorrem também, sedimentos detríticos e lateríticos pleistocênicos, na forma de terraços fluviais e cascalheiras como os que se situam no baixo curso do rio Aracati-Mirim (Morais e Fonteles, 2000). Regionalmente, estes sedimentos aparecem como cobertura detrítica sobre interflúvios.

O Cenozóico está representado pelo morro Caruru localizado próximo a foz do estuário do rio Pacoti. Apresenta vulcanismo preenchendo zonas de fraturamento de tensão das rochas encaixantes de idade oligocênica (28,6 - 9 milhões de anos), apresentando similitude química e petrográfica com os fonólitos de Fernando de Noronha (Vandoros & Oliveira, 1968). Morais (1968), estudando o perfil compreendido entre o Arquipélago de Fernando de Noronha e a costa nordeste brasileira, estabeleceu a correlação litorânea submarina entre os alto-fundos existentes na zona abissal e os afloramentos do Caruru. Embora constituído de rochas fonolíticas que fazem parte do vulcanismo fissural-basáltico são encontradas na região Nordeste, desenvolvido durante o Oligoceno e Mioceno (Almeida et al., 1969). Foi observada ocorrência de derrames abaixo dos sedimentos da Formação Barreiras.

Figura 1.



A planície litorânea representa uma estreita faixa de terras com largura média de 2,5 Km e que é formada em função da disponibilidade de elevados estoques de sedimentos por processos eólicos, marinhos, fluviais ou combinados, gerando feições praiais com largos estirâncios ao longo de toda a faixa costeira cearense. Nas praias de Redonda, Morro Branco, Fontes, Canoa Quebrada, Pontal de Maceió, Iparana, Camocim, dentre outras, a faixa de praia é estreita pela ocorrência de altos topográficos esculpidos em falésias vivas. Eventualmente, entre os níveis de maré alta e maré baixa, afloram rochas de praia que têm diagênese recente. A faixa praial é predominantemente arenosa, com a morfodinâmica controlada pelas ondas.

A configuração da linha de costa denota avanços de retificação onde largas enseadas se alternam com pontas ou promontórios que se projetam para o mar e tem maior resistência litológica. As feições mais conspícuas estratigraficamente são o embasamento cristalino aflorando em zonas pontuais, tais como Jericoacoara, Pecém, Ponta do Mucuripe e Iguape. O Pré-Cambriano ocorre na linha de costa na forma de pontais desempenhando papel relevante no balanço de sedimentos e comportamento energético das ondas condicionando as áreas de retrogradação e progradação de praias.

As dunas apresentam três gerações distintas, das quais a de maior expressão no estado do Ceará estão representadas pelos campos de dunas móveis (barcanas, barcanoides, transversais e frontais). Essas dunas migram na direção do continente, capeando gerações de dunas mais antigas, terrenos dos tabuleiros e obstruindo as drenagens costeiras e desembocaduras fluviais. Este processo favorece, sobretudo, a evolução de ambientes estuarinos para estuarinos-lagunares e em muitos casos para lacustre. Isto foi observado na formação das lagoas costeiras de Jijoca, Lagoa Seca, Lagoa do Catu e Uruaú.

As lagoas existentes na Planície Litorânea, também estão associadas aos aquíferos dunares, oscilações sazonais das condições climáticas e flutuações do lençol freático formando as lagoas interdunares. No contato dos terraços marinhos com a Formação Barreiras ocorrem à formação de lagoas, exutórios das dunas edafizadas, onde parte do núcleo urbano de Caponga e Águas Belas, no Município de Cascavel, desenvolveram-se sobre estas feições. No período chuvoso, a ampliação o lençol freático causa a instabilidade na estrutura das casas de veraneio, além de ser foco de doenças de veiculação hídrica e depósitos de resíduos sólidos (Pinheiro, 2003). No litoral de Itarema estas lagoas quando em contato com as águas do mar, possibilitam a colonização de espécies de mangues formando ambientes de influência mista localmente conhecido como “gamboas” (Morais e Fonteles, 2000).

A retaguarda dos campos de dunas móveis encontram-se as dunas edafizadas ou em processo de edafização, ocasionado pelo desenvolvimento incipiente de uma camada de solo permitindo a fixação da cobertura vegetal até o limite dos Tabulei-

ros. Apresentam um porte predominantemente arbóreo-arbustivo onde se destacam as seguintes espécies: muricis (*Byrsonima crassifolia*), carrasco (*Coccoloba* sp), erva de rato (*Eugenia* sp), casca-grossa (*Maytenus rígida*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), pau d'arco roxo (*Tabebuia impetiginosa*) e o juazeiro (*Ziziphus joazeiro*). Nas proximidades do estuário são encontrados mandacarus (*Cereus jamacaru*) que são espécies típicas do semi-árido que se mesclam ao manguezal.

A maioria dos rios da região semi-árida do Nordeste, onde está inserida a área estudada, é intermitente, fluindo somente durante a estação chuvosa. A penetração da água do mar nos vales dos rios, durante as marés cheias, impede que esses rios fiquem sem a comunicação com o oceano durante a estiagem. Nesta estação, a drenagem se reduz ao máximo e conseqüentemente não há uma graduação na diluição da água do mar pela água do rio, o que formaria um gradiente de densidade. Este fato foi verificado por Freire (1989), Soares-Filho e Alcantara-Filho (2002) e Pinheiro (2003) nos estuários dos Pacoti, Jaguaribe e Malcozinhado, respectivamente. Assim, a maioria das desembocaduras dos rios nordestinos da região semi-árida pode ser considerada como estuários temporários, com características de circulação e mistura tipicamente estuarinas somente durante o período chuvoso.

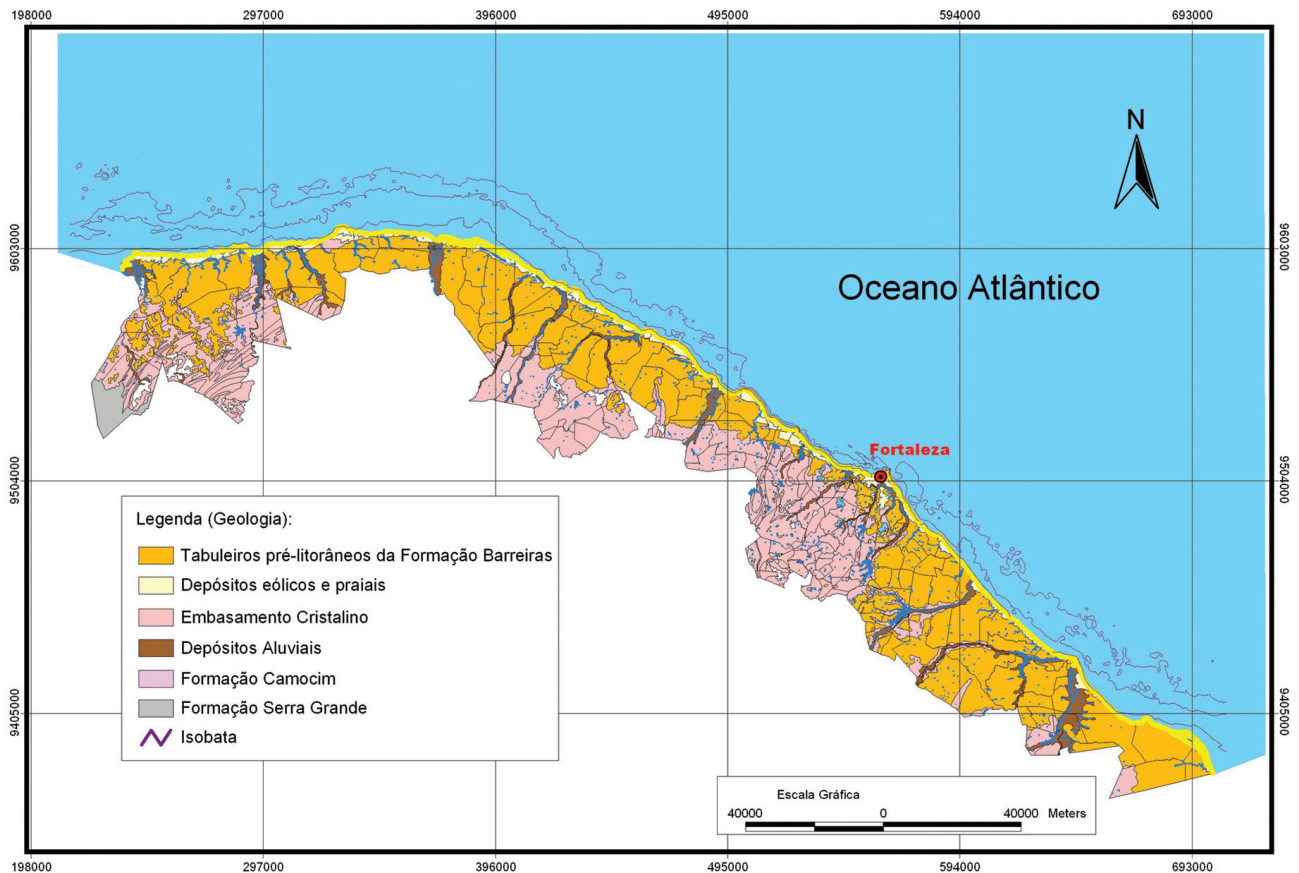
Como produto das condições climáticas mais severas, nas regiões tropicais semi-áridas, a velocidade dos ventos é mais intensa, juntamente com o transporte e disponibilidade de sedimentos, fazendo com que o domínio das formações arenosas contribua para a obstrução das reentrâncias costeiras. Em conseqüência, as drenagens de pequeno porte apresentam condições de hipersalinização nos períodos de estiagem. Por esse motivo, os manguezais tornam-se cada vez mais escassos, tendo importância mais local do que regional. No Estado do Ceará as Planícies Flúvio-Marinhas com maior expressão geográfica em relação a área com manguezais estão localizadas no rio Timonha, rio Coreau e rio Acaraú.

Vale salientar, que o complexo de cordões arenosos e planícies de marés lamosas no litoral de Acaraú, propiciou a formação de lagunas salinas com a colonização de mangues. No litoral SE-NW destaca-se o rio Ceará e Jaguaribe. A composição florística é basicamente representada pelas seguintes espécies: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue siriúba (*Avicenia racemosa*), e mangue branco (*Laguncularia racemosa*) e mangue de botão (*Conorcapus erecta*).

Os Tabuleiros Pré-Litorâneos são constituídos predominantemente por sedimentos Tércio-Quaternários da Formação Barreiras. Aparecem recortados por um grande número de drenagens secundárias, de regime intermitente, que constitui as micro-bacias hidrográficas da zona costeira. Os vales apresentam modestas cotas altimétricas devido ao fraco poder de entalhamento das drenagens. Nas proximidades das desembocaduras fluviais e em pontos específicos da faixa de praia surge como um sistema de falésias que movimentam o relevo, evidenciando a evolução paleogeográfica a partir das flutuações do nível relativo do mar.

Os solos predominantes são os Argissolos, profundos e moderadamente profundos, com textura variando de média (arenosa) a argilosa. Geralmente são bem drenados e porosos e com práticas corretivas possuem de médio a alto potencial agrícola. Na unidade dos tabuleiros é que se observa uma maior diversificação vegetacional e florística. Dentre as espécies encontradas destaca-se o Pau-sangue (*Pterocarpus violaceus*) pelo porte arbóreo e arbustivo denso que exerce uma considerável proteção ao solo e o cajueiro.

Figura 2.



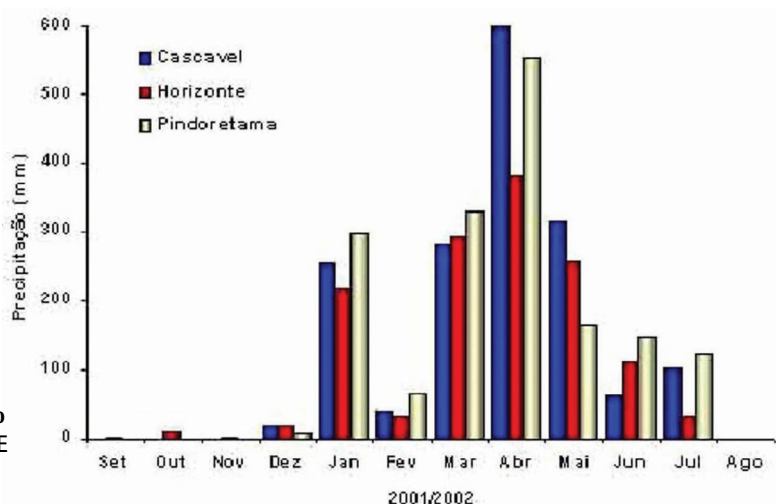
VARIÁVEIS CONTROLADORAS DOS PROCESSOS COSTEIROS NO ESTADO DO CEARÁ

O clima constitui uma das mais importantes variáveis controladoras dos processos costeiros, dentre os seus elementos merece destaque a variação anual dos totais pluviométricos e regime dos ventos. O clima regional da zona litorânea faz parte do domínio do clima semi-árido predominante no Nordeste brasileiro, marcado por dois períodos definidos – um seco, longo e outro úmido, curto e irregular. Dentre

os controladores do regime pluvial no litoral do Estado do Ceará, a frente geradora de chuvas de maior importância é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A distribuição temporal das precipitações é irregular com concentração do total precipitado no primeiro semestre do ano, correspondendo a cerca de 91% do total anual. Cerca de 62 % do total anual precipita-se em apenas três meses do ano, no trimestre fevereiro/ março/ abril ou março/ abril/ maio (figura 3). Nestes trimestres o mês de abril corresponde ao mais chuvoso, com cerca de 24 % das precipitações. Campos e Studart (2003) observaram que a precipitação anual decresce acentuadamente de Fortaleza (1.338 mm) em direção a Icapuí (949,2 mm). Na direção do litoral oeste é observado um decrescimo, porém de forma menos pronunciada com médias anuais de 1238,2 mm e 1032,3 mm registradas em Paracuru em Camocim.

Figura 3. Concentração trimestral dos totais pluviométricos nos meses de março, abril e maio entre os anos de 2001 e 2002 (Fonte: FUNCEME (2003)).



O regime térmico da região é caracterizado, basicamente, por temperaturas elevadas e amplitudes reduzidas. Por sua proximidade à linha do equador, as médias climatológicas das temperaturas mensais no Ceará, especialmente na faixa litorânea, têm uma amplitude de variação anual relativamente pequena. As temperaturas máximas variam de 29,4°C (março) a 30,7°C (novembro). Os valores mínimos de 21,2 °C a 23,7 °C são registrados em julho e no triênio (janeiro/ fevereiro e março). A umidade relativa no ar apresenta um padrão de variação semelhante ao da precipitação com variação máxima de 12% referente aos meses de abril (85%) e outubro (73%).

A insolação é bastante intensa na área litorânea, atingindo uma média anual de 3000 horas, sendo mais forte no mês de outubro decrescendo no mês de março (180 h e 4 décimos) o que corresponde nos períodos secos uma incidência solar média diária em torno de 8 horas/dia. Nos períodos chuvosos este valor situa-se por volta de 6 horas/dia. Em virtude do elevado teor de insolação, as médias mensais de

evaporação são também bastante elevadas, perfazendo entre o ano de 2001 e 2002 o total de 1.472 mm, com valores máximos entre os meses de agosto a novembro.

O vento exerce um papel fundamental no litoral do nordeste haja vista a acumulação de dunas e praias arenosas ao longo da costa do Ceará prolongando-se para leste ao litoral norte do Rio Grande do Norte (até Touros) e para oeste até o Golfão Maranhense com a presença dos lençóis maranhenses. A interação entre os fluxos eólicos e fluxos de sedimentos depende em grande parte da velocidade do vento e das características granulométricas do material. Sua associação aos fluxos hidrodinâmicos é contribuição fundamental ao transporte de sedimentos ao longo de todo litoral do estado do Ceará.

No Estado do Ceará a alternância de períodos chuvoso e seco, causada pela migração da ZCIT, coincide com a sazonalidade nas velocidades de vento na região, esta última atingindo variações máximas de aproximadamente $\pm 30\%$ em torno do valor médio anual ([Bittencourt *et al*, 1996). Nos meses de março e abril, ápices do período chuvosos, predominam ventos de SE (120° - 150°) ao longo do dia, passando a SSE-S (150° - 180° +) durante a noite. Considerando os dados do Aeroporto Pinto Martins, a velocidade média mensal dos ventos para o período de 1993-2002 variou de 3 a 8,5 m/s. Os maiores valores são registrados entre agosto e novembro e os menores em fevereiro e março.

O período entre maio e agosto é de transição, onde o ciclo térmico diurno terra-oceano passa a alternar brisas marinhas e terrestres, resultando em ventos de ENE-E (60° - 90°) durante o dia, e E-SE (90° - 150°) à noite. No período entre setembro-dezembro tanto os ventos alísios quanto às brisas marinhas se intensificam, com direção predominante variando de E a SE, com predomínio dos ventos alísios de E. Os ventos mais intensos são atingidos entre setembro e novembro (interanualmente variável). As flutuações diurnas de temperatura entre continente e oceano (5°C) contribuem, sobretudo, na ampliação da sazonalidade dos ventos.

Variáveis Oceanográficas

O Estado do Ceará é bordejado pelas águas salinas e oxigenadas da corrente Norte Brasileira, um ramo da corrente Sul Equatorial que se bifurca ao largo do nordeste do Brasil, sazonalmente entre as cidades de Recife e Salvador. Portanto a Corrente Norte Brasileira é o ramo noroeste ou ascendente da Corrente Sul Equatorial. A corrente Norte do Brasil com velocidade de 1 a 2 nós, corre paralela a costa do Ceará e seria co-responsável pelas correntes litorâneas em direção noroeste. No entanto, a corrente longitudinal é primariamente derivada da ação dos ventos alísios e da incidência das ondas na linha de costa. Moraes (1981) e Maia (1998) verificaram através de flutuadores que a velocidade das correntes próximas a linha de costa de Fortaleza apresentaram velocidades variando de 0,24 e 0,31 m/s. No Porto

do Pecém esses valores ficaram em torno de 0,15 a 0,30 m/s nos trabalhos realizados por Magalhães (2000).

A ação das marés representa um papel relevante na morfodinâmica e hidrodinâmica costeira, principalmente no sentido de ampliar a área de ataque das ondas, gerando correntes em estuários, canais lagunares e em águas rasas próximas à costa, além de apresentar importância para o transporte de sedimentos. Na costa cearense, o trabalho pioneiro sobre o comportamento das marés e ondas foi de Moraes (1980), quando observou para Fortaleza, baseado em dados medidos na bacia do Porto de Mucuripe, que as marés na região são representadas por ondas semidiurnas com período médio de 12,4 h e defasagem média de 50 minutos. Determinou a amplitude máxima de 2,7 m para o equinócio de março no ano de 1976 e amplitude de 3,3 m para máximas de sizígia no ano de 1980.

Em estudo mais recente Maia (1998) utilizando 14 registros analógicos mensais do marégrafo instalado no Porto do Mucuripe verificou que durante o período de maio/1995 a junho/1996, a amplitude máxima da maré foi de 3,23 m, na maré de sizígia do mês de dezembro de 1995, enquanto a amplitude mínima, de 0,75 m, ocorreu na quadratura do mês de março de 1996. O mesmo autor observou que durante os meses de junho a dezembro a amplitude das marés aumenta tanto de quadratura quanto de sizígia, ocorrendo o inverso nos meses de setembro e março.

No porto do Pecém, onde o marégrafo está fundeado em mar aberto, a cota máxima atingida no ano de 1996 foi de 3,41 na maré de sizígia de janeiro de 1996 e a mínima de -0,15 m nos meses de maio, julho e outubro de 1995. Baseado nos autores acima, o regime de marés na região costeira do Estado do Ceará pode ser caracterizado como de meso-maré com periodicidade semidiurna.

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. Moraes (1981) na região de Fortaleza verificou um predomínio de ondas do quadrante E-SE e uma ocorrência secundária de ondas de NE. Em estudos mais recentes realizados por Maia (1998) utilizando os dados da bóia do porto do Mucuripe no período de 1991 a 1994, verificou uma concentração de 95% para as direções entre 75° e 105°, com extremos registrando valores mínimos de 17° (31/11/1991) e máximos de 119° (31/10/1991).

As direções predominantes das ondas, a partir de medições visuais no alto do farol do Mucuripe em 1997 foram de 90° a 105° com 73%, e de 75° a 90° totalizando 20% (Quadro 8). Na Praia da Caponga, Litoral SE-NW, as direções predominantes observadas por Pinheiro et al (2003) foram de 100° a 110° ao largo e de 75° a 95° na arrebentação em relação ao norte magnético. Em frente ao núcleo urbano de Caponga, foi verificada uma certa frequência da direção de 50° na arrebentação. Este ângulo é resultante da difração de ondas que ocorre na ponta rochosa da Caponga, resul-

tando em um percentual maior de ataque frontal nesse trecho. Na análise integrada das direções das ondas, o instituto de Pesquisa Hidroviária dividiu em dois grupos de tendências a direção das ondas no litoral em questão, com o propósito de compreender a movimentação dos sedimentos na área. O primeiro grupo de direções de 0° a 45° apresenta frequência de 39,45%, e o segundo de 46° a 12° com 60% de frequência.

No primeiro semestre a frequência de ondas swell é bem maior, devido a diminuição da influência dos alísios de SE e o aumento a turbulência no Atlântico Norte. Com relação aos períodos de pico, os quais são utilizados para classificar os tipos de ondas (*sea* e *swell*), comentados anteriormente, distingue-se ondas acima de 10 s como *swell* e entre 4 e 9 s como *sea*. Na estação do INPH no Pecém, para os anos de 1997 e 1998, observou-se que 27,5% dos períodos de pico estão compreendidos entre 10 a 16 s, indicando ondas do tipo *swell*. Ocorre um período de 0,4% entre 17 e 19 s, porém, a maioria dos períodos de pico (72%), ocorreu entre 4 e 9 s, relacionados com ondas do tipo *sea* (INPH,2001). Dentre os 72 % mencionados acima, cerca de 58% dos períodos variaram entre 4 e 7 segundos. As alturas significativas das ondas varia 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 (Figura 4).

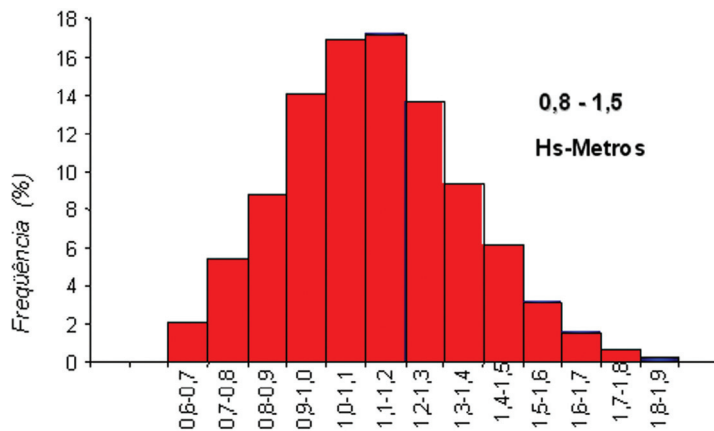


Figura 04. Altura significativa das ondas registradas no Porto do Pecém. (Fonte: INPH,2000)

COMPARTIMENTAÇÃO DO LITORAL

A faixa de praia e o campo de dunas representam os sub-compartimentos de maior representatividade espacial da planície litorânea. A faixa de praias arenosas apresenta, comumente, extensos estirâncios, cuja continuidade só é interrompida pela ocorrência de falésias vivas elaboradas em sedimentos da Formação Barreiras. A bacia do rio Coreau (B-1) é limitada por faixas de praias com características morfodinâmicas dissipativas associadas as planícies fluvio-marinhas com

manguezais dos Rios Timonha e Acaraú. Na foz do Rio Coreaú, parte central da bacia, afloram na forma de falésias os depósitos da Formação Camocim. São observados contatos bruscos dos conglomerados que compõem essa formação, passando a um pacote superior, composto de areias finas com material argiloso inconsolidado não estratificado.

A Formação Camocim não apresenta uma expressão e distribuição espacial bem caracterizada, ficando apenas restrita aos afloramentos da praia do farol, constituída petrograficamente por um ortoconglomerado grosseiro, oligomítico de elevada maturidade, cimentado por material laterítico sílico-ferruginoso de cores marrons, castanhos e vermelhos, extremamente duros (Morais, 2000). A faixa de praia exposta apresenta plataformas de abrasão e pontais rochosos associados às Rochas da Formação Camocim e rochas de praia de idade holocênica. A linha de costa do Município de Camocim é caracterizada pela sucessão de enseadas abertas limitadas por pontas rochosas com erosões localizadas e controladas pela alternância sazonal do clima de ondas.

Apesar da boa disponibilidade de sedimentos e das características de praias dissipativas, foram observados processos de erosão da pós-praia da localidade de Maceió com destruição de barracas, associados principalmente as correntes de marés. A linha de costa do litoral de Bitupitá é caracterizada por praias dissipativas, expostas, bordejadas por amplos terraços marinhos e dunas frontais que atuam no aporte de sedimentos direto na praia (Ie-Iif-IIIId-E).

Na praia de Jericoacoara, o pré-cambriano está representado por um serrote localmente denominado de Serrote de Jericoacoara, constituído de quartzito ferífero cataclasado, formando uma saliência que

quebra a regularidade da linha de costa. Sua cota máxima chega a 98 m formando uma crista de direção ENE-WSW com aproximadamente 2 km de extensão da linha de preamar (Morais, 2000). As dunas móveis em formas de barcanas são predominantes, com alturas superiores a 30 m e vetor de migração de E-W. A inclinação da faixa de praia no período entre 2001 e 2003 variou de 0.91 a 1.35° (figura 5). A faixa de praia a oeste da Ponta de Jericoacoara é caracterizada como dissipativas, expostas, associadas aos campos de dunas barcanas e terraços marinhos.

143



Figura 5. Dunas barcanas com alturas superiores a 30 m e vetor de migração de E-W em Jericoacoara.

Na bacia do rio Acaraú (B-2) as maiores extensões são observadas nas praias de Lagoinha, Flecheiras e Mundaú. Na região de Itarema sob domínio de ambientes com restingas e cordões arenosos largos são encontradas faixas de praia com aproximadamente 600 m de extensão. São praias predominantemente dissipativas associadas ao macrocompartimento das planícies de marés arenosas (Ig-Iiag-III d-E). Os ambientes que se desenvolvem no contato dos cordões com as drenagens fluviais são estuarinos-lagunares com colonização de mangues (figura 6). Nos últimos quatro anos, os desmatamentos das áreas com manguezais aumentaram significativamente para a construção de viveiros de camarão. As ações erosivas do perfil sub-aéreo são observadas sazonalmente apenas nas preamares de sizígia e/ou mediante alterações no transporte de sedimentos nos cordões arenosos.

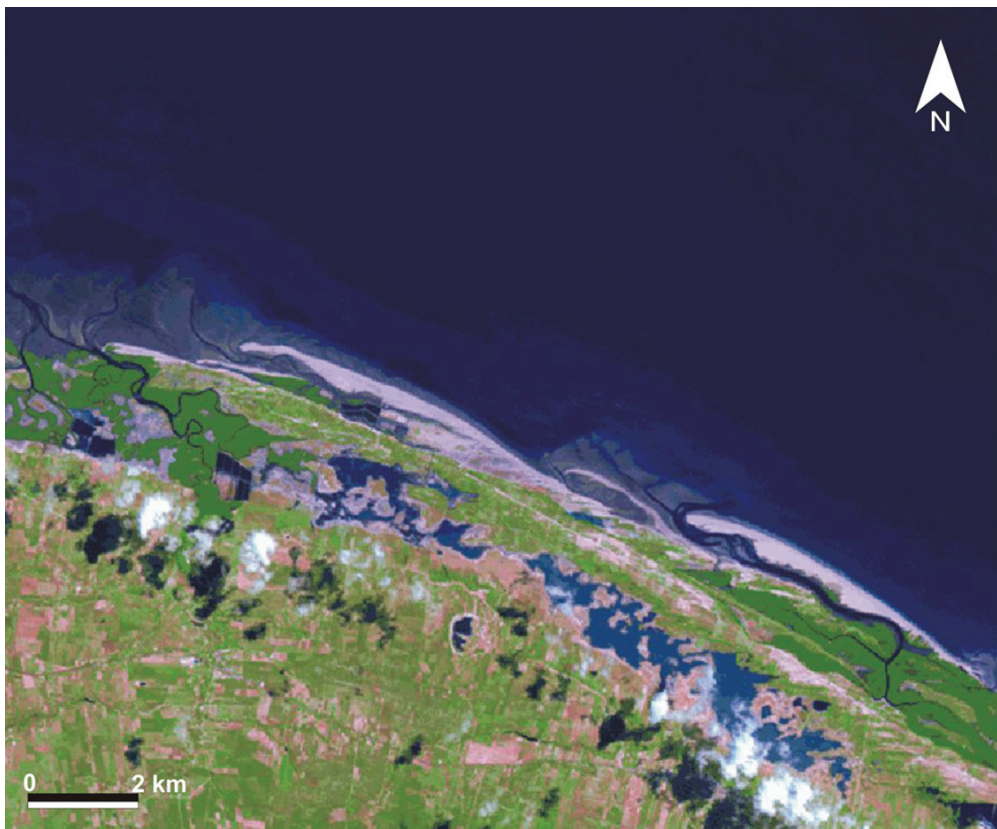


Figura 6. Domínio de ambientes com restingas e cordões arenosos largos na região de Itarema (Litorais E-W). A faixa de praia exposta tem aproximadamente 600 m de extensão, com formação de ambientes estuarinos-lagunares na confluência com as drenagens costeiras.

Na bacia do Litoral (B-3), precisamente na foz do rio Mundaú, a dinâmica eólica e a circulação estuarina atuam de forma significativa nos episódios de retrogradação ou progradação do perfil de praia adjacente. Na margem oeste as praias tendem a ser intermediárias associadas aos cordões litorâneos largos alimentados por sedimentos dos terraços marinhos e dunas frontais. A extensão do perfil varia de 70 a 270 m nesta região. Na margem leste, as praias são dissipativas precedidas por recifes de arenitos e apresentam comportamento morfodinâmico típico de planícies de marés arenosas. Em frente ao núcleo urbano de Mundaú, os episódios erosivos estão associados as mudanças na topografia da praia pela existência de pequenas

drenagens costeiras ou exutórios de lagoas interdunares. A sedimentação imposta pela corrente longitudinal desloca a desembocadura dessas drenagens na direção E-W, cortando perpendicularmente o perfil praial. Na ocasião das preamares das marés de sizíguas e maior descarga desses exutórios,, os processos de refração das ondas e espraimento são modificados e intensificados. O resultado disto é a destruição dos muros das casas de veraneio e estradas de acesso à praia.

Na faixa de praia compreendida entre Mundaú e Flecheiras, o perfil apresenta extensão média de 90 m e com uma linha de recifes de arenito que a protege da ação erosiva das ondas. Na praia de Guajiru, o perfil é intermediário associado aos terraços marinhos ocupados por casas de veraneio e barracas. Os eventos erosivos são intensificados no início do ano, quando ocorre à entrada de ondas *Swell* com ataque frontal à praia (figura 7).



Figura 7. Processos erosivos na Praia de Guajiru associados a entrada de ondas *Swell* em fevereiro de 2001.

A Bacia do Curú (B-4) a pós-praia desenvolve-se a partir de uma faixa de terras com contornos pouco sinuosos e com altura pouco superior a 1,0 m. As cotas altimétricas ao longo da costa variam entre 3.0 a 6.6 m. Em muitos trechos esse sub-compartimento fica ao abrigo da influência de altas marés. Para o interior, até a base do campo de dunas os aclives não se pronunciam, configurando os domínios dos Terraços Marinhos Holocênicos. A urbanização da cidade de Paracuru, nos terraços marinhos e pós-praia, associada aos processos de refração de ondas no pontal de arenitos foi responsável por um intenso processo de retrogradação da linha de costa. Além disso, a ampliação da cidade na superfície de deflação eólica limitou a contribuição de sedimentos nas áreas à sotamar. A faixa de praia a leste do pontal é caracterizada por um perfil reduzido com plataformas de abrasão com contribuição das dunas frontais para a manutenção do perfil sub-aéreo. Neste setor ocorre freqüentemente eolianitos com cimentação predominantemente silicosa.

A linha de costa inserida na Bacia Metropolitana (B-5) apresenta uma grande diversidade morfologia e uma alta vulnerabilidade aos processos erosivos, em virtude do elevado adensamento urbano e pelos processos de refração nos pontais rochosos. Ainda neste compartimento encontram-se o Porto do Mucuripe, o Complexo Portuário e Industrial do Pecém e o maior percentual de área ocupada por estruturas de proteção na costa do Ceará.

A faixa de praia da região metropolitana de Fortaleza sofreu processos de progradação e retrogradação durante as últimas décadas (Morais, 1972, Moraes e Pitombeiras, 1974, Moraes, 1980 in Moraes, 1981) com implicação direta na instalação do Porto do Mucuripe, e todos os quebra-mares colocados ao longo do litoral norte de Fortaleza, muro de proteção no município de Caucaia formando arcos praias oriundos dos enrocamentos perpendiculares a linha de praia. Considerando este contexto erosivo foi aproveitada a antiga área do antigo Porto de Fortaleza para construção de marinas no sentido de dar abrigo a um empreendimento hoteleiro (figura 8).



Figura 8. Série de espigões construídos para diminuir os efeitos erosivos decorrentes da construção do Porto de Mucuripe em Fortaleza. O antigo Porto de Fortaleza foi aproveitado para a construção de marinas associado a um empreendimento hoteleiro de grande porte.

Na orla de Fortaleza destaca-se o progradação da faixa de praia a barlamar do espigão do Serviluz pelo barramento dos sedimentos em deriva. Os impactos da construção do Porto do Mucuripe e dos sucessivos espigões na orla de Fortaleza foram observados nas praias do Município de Caucaia. Estes impactos associados ao aumento da especulação imobiliária promoveram o recuo de aproximadamente 200 m da linha de costa nas Praias de Iparana, Pacheco e Icarai (figura 9). O sistema

de proteção utilizado nessas praias são muros, enrrocamentos na base das escarpas da Formação Barreiras (Ib-IIf-IIIb-E). Na praia de Cumbuco, os processos erosivos sobre a linha de costa são bem menores e no seguimento que leva até a Ponta do Pecém estão ainda praticamente ausentes, e em contraponto há processos acumulativos e progradativos.



Figura 09. Destruição dos muros das casas e desestabilização de enrrocamentos pela ação erosiva das ondas na praia de Iparana, na Região Metropolitana de Fortaleza.

A Ponta do Pecém é formada de rochas do embasamento cristalino compostas essencialmente por quartzitos e gnaisses distribuídas principalmente em duas seqüências contínuas que se iniciam em pós-praia continuam em toda zona intertidal e se estendem em porções isoladas até a profundidade de 20 (vinte) metros (Moraes, 2000). Antes da construção do Complexo Portuário do Pecém, os processos erosivos eram observados pela interação entre mudanças no clima de ondas no pontal e ocupação do campo de dunas que alimentava diretamente a praia. No ano de 1998, apesar do pier *off-shore* vazado está com autonomia para utilização, a permanência do Terminal de Embarque Provisório (molhe) provocou o recuo de aproximadamente 70 m da linha de costa. Isto causou a destruição de casas de veraneio, bares e barracas, bem como a perda de atrativos para a balneabilidade local. Desde o ano de 2001, com a implantação de estruturas de proteção e a retirada do TEP, a praia passa por processos de progradação.

Na praia da Caponga, a ocupação das áreas a sotamar do pontal de arenitos de praia promoveu o recuo de 150 da linha de costa (Pinheiro et al., 2001). Os efeitos disto foram à destruição de casas de veraneio, barracas e da avenida litorânea. Em 1998, a então Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDURB) juntamente com a prefeitura local implantaram 6 espigões do tipo gabião associado a reestruturação urbana da área. Entre 1999 e 2002 a recuperação da praia foi progressiva, com alterações restritas apenas a sazonalidade do clima de ondas (Figura 10). No entanto a destruição das malhas dos gabiões associada a falta de manutenção estão promovendo em curto prazo a retomada dos processos erosivos, com recuo estimado entre 2002 e 2004 de 30 m. No setor mais a leste entre as praias de Barra Nova e Barra Velha as praias são intermediárias com afloramento de arenitos de praia antecedido por dunas e terraços marinhos (Ie-IIf-IIIb-E).



Figura 10. Reabilitação da Praia da Caponga através da implantação de gabiões e alimentação artificial (1993–2001). Fonte: Pinheiro et al.(2003).

A ocorrência de altos topográficos que representam vertentes terminais dos tabuleiros costeiros, rompe a continuidade das largas faixas de praias, especialmente nas áreas anteriormente referidas. São essas áreas que postas ao alcance da abrasão marinha tendem a desenvolver falésias com taludes escarpados. Essas feições são formadas por depósitos cenozóicos que constituem os Tabuleiros Pré-litorâneos, de relevo de interflúvio tabulares e colinas suaves semi-arredondadas, denominados de Formação Barreiras. Este elemento marcante da evolução costeira plio-pleistocênica está associado com a evolução do relevo regional através de mudanças climáticas e eventos tectônicos, detriticos e lateríticos.

A marcha de recuo das falésias dá-se de modo desigual. Assim é que, próximo ao emissário da lagoa do Uruaú, em Beberibe, o aporte de sedimentos à praia justifica a ocorrência de falésias fósseis. Na praia das Fontes, o nível das falésias é mais elevado e a ação do solapamento marinho é intensa. Na praia de Morro Branco, apenas durante a preamar percebem-se as manifestações do solapamento. As praias são intermediárias antecedidas por falésias da Formação Barreiras e com afloramentos de plataformas de abrasão na antepraia. A extensão do perfil varia de 50 a 100 m, com inclinação de 2,0°.

A área das falésias expõe um aspecto de morfologia ruiniforme ocasionado pela pluviometria e por enxurradas, ao que se acrescenta a ocorrência eventual de ravinas e voçorocas (figura 11). A especulação imobiliária, os passeios de bugres e a extração irregular das *areias coloridas* utilizadas nos artesanatos promoveram em curto espaço de tempo, o aumento dos processos erosivos. Atualmente as falésias do município de Beberibe constituem o Monumento Natural das Falésias com uma área de 31,29 hectares e protegida pelo Decreto nº 27.461 de 04/06/2004. Este monumento constitui uma unidade de conservação de proteção integral e uso restrito a visitação e contemplação paisagística. No processo de recuo das falésias exibem-se na faixa praial, abaixo da linha de preamar, alguns alinhamentos rochosos descontínuos que compõem plataformas de abrasão e/ ou rochas de praia (*beach*

rocks). Esse material é constituído por arenitos com matriz silto-arenosa de cores cinzentas e cimento calcífero



Figura 11. Falésias vivas com ravinamentos e voçorocas provocadas pela ação pluvial na Praia de Morro Branco.

Na Bacia do Baixo Jaguaribe (B-6) situações hidrodinâmicas diferentes foram criadas nos entornos dos Promontórios e dos rios. Nos promontórios de Ponta Grossa e Ponta Redonda houve predomínio dos processos de refração de ondas gerando erosão que foi acelerada pela interação local dos fluxos subterrâneos, pluviais e de deriva litorânea. O recuo das falésias elaboradas nos processos abrasivos foi muito mais intenso do que os observados nos promontórios rochosos de embasamento cristalinos. Estas feições ocorrem desde Icapuí onde se destacam em Redonda continuando por todo litoral de Aracati com a proeminente Ponta Grossa. Em todo este trecho elas se comportam como falésias vivas sob o impacto constante da erosão costeira.

No município de Fortim, o processo de erosão verificado na localidade de Pontal de Maceió foi responsável pelo recuo de aproximadamente 200 metros da linha de costa entre os anos de 1988 e 2000 (Morais e Pinheiro, 2000). Isso ocasionou o avanço do mar na direção da vila de pescadores, destruindo nas maiores marés do anos, as casas, barracas, estradas e locais para atracação de jangadas. As principais causas da erosão no Pontal de Maceió estão relacionadas com o desenvolvimento de processos energéticos representados pela ação das ondas e marés na sequência de promontórios e reentrâncias que marcam a linha de costa desde a foz do Rio Jaguaribe até a Praia de Maceió. Aliado a isto, somam-se o regime de vazão fluvial, o comportamento do transporte eólico, as barreiras naturais para o *by pass* das areias, configuração geomorfológica e uso e ocupação do solo.

Como pôde ser observado na figura 12, a vila de pescadores de Maceió está inserida em um ponto crítico da linha de costa, onde os impactos dos processos energéticos da hidrodinâmica costeira são acentuados pela inexistência de jazidas dunares que contribuam no *by pass* de sedimentos para as áreas à sotamar dos pontais.

A elaboração da morfologia submersa e subaérea da praia de Maceió inicia quando as ondas provenientes dos quadrantes E - SE ao difratarem no promontório rochoso geram um feito turbilhonar, fazendo com que o material em suspensão seja depositado nas imediações do pontal, tornando a área imediatamente adjacente mais rasa. No centro das águas formam-se uma espécie de redemoinho, onde a água experimenta um movimento retilíneo na direção das praias. Produz-se, então, uma sedimentação formada por elevações de fundo que são as barras arenosas submersas que se estende desde a foz do rio Jaguaribe até a vila de Maceió e são responsáveis pelas alternâncias na direção do transporte de sedimentos (Morais et al., 2002).

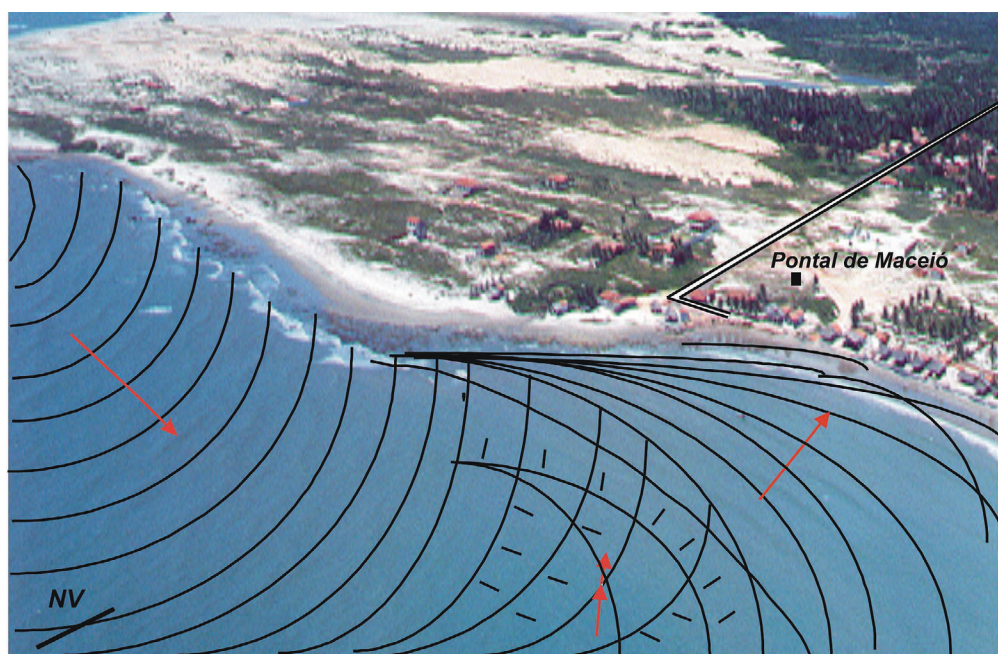


Figura 12. Esboço do comportamento do trem de ondas enfrente a vila de Maceió – Fortim-CE. Observar a refração das ondas no afloramento rochoso resultando no redirecionamento dos vetores de energia (→) gerando o processo destrutivo da faixa de praia. Fonte: Moraes et al (2002).

Nas marés de sizígia, observou-se que as ondas de refração quando alcançam a praia de Maceió sofrem reflexão provocando danos significativos. Isto resulta na remobilização de grandes volumes de areias na direção da antepraia, sendo que são recolocados no transporte longitudinal, contribuindo significativamente na evolução do *spit* arenoso na foz do rio Pirangi. Os afloramentos rochosos que ocorrem continuamente desde o estirâncio inferior até as áreas mais profundas causam difração das ondas, sendo responsáveis pela geração das ortogonais que incidem frontalmente no porto das Jangadas.

Na margem leste do rio Jaguaribe, a morfodinâmica do campo de dunas atua significativamente na morfodinâmica da foz e na distribuição espacial dos manguezais. Pelo alinhamento da costa, os ventos predominantes de E estão promovendo o assoreamento de significativas áreas de mangues. Os campos de dunas tratam-se – sob o ponto de vista de potencialidades de utilização – da área dotada de maior

beleza cênica e que compõe o mais importante patrimônio paisagístico dentre as unidades geoambientais litorâneas. O campo de dunas, além disso, é potencialmente rico em reservas de água subterrâneas e há uma grande frequência de corpos d'água lacustres que compõem lagoas fráticas. O elevado teor de alguns minerais pesados pode viabilizar o extrativismo mineral, desde que, rigorosamente controlado.

No litoral de Icapuí, litoral SE-NW, no setor que compreende o domínio de falésias precedidas de praias, são verificados estirâncios planos e com extensões que ultrapassam 800 m de extensão. Neste mesmo, setor a dinâmica das praias é controlada predominantemente pelas variações das marés e pelo transporte transversal de sedimentos. Os processos erosivos estão restritos à fase de preamar, onde a refração de ondas nos bancos arenosos submersos e plataformas de abrasão são responsáveis por erosões localizadas, apesar da excelente disponibilidade de sedimentos (figura 13).

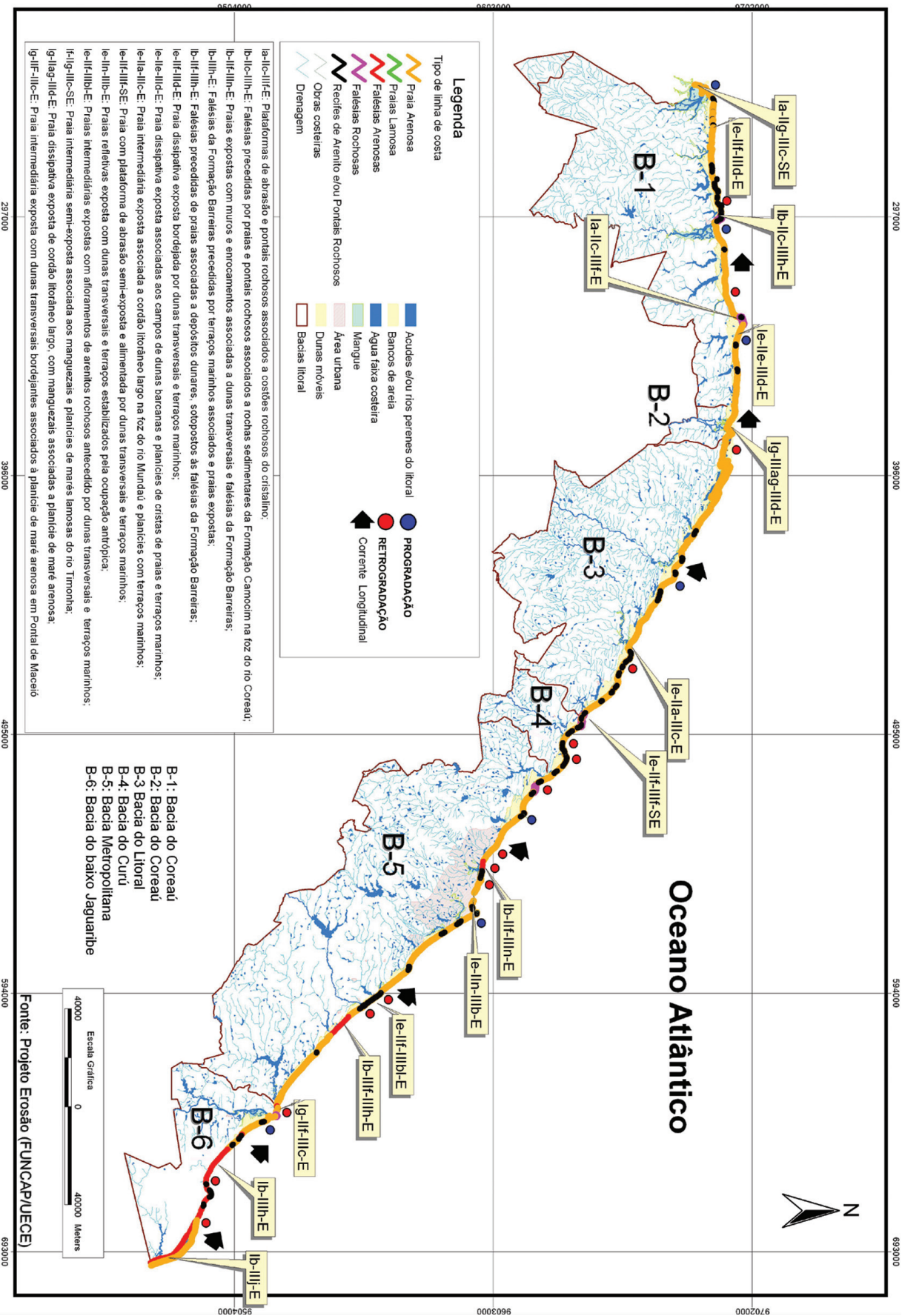
Figura 13. Em Ponta Grossa, os processos erosivos estão restritos à fase de preamar, onde a refração de ondas nos bancos arenosos submersos e plataformas de abrasão são responsáveis por erosões localizadas.



O principal problema que se interpõe ao uso e ocupação da zona litorânea reside em suas condições ecodinâmicas fortemente instáveis e em sua alta vulnerabilidade. Assim, atividades extrativas, mineração não controlada, loteamento indisciplinados nas altas praias e implantações viárias no campo de dunas são atividades inviáveis. As áreas de falésias, igualmente, devem ser rigorosamente preservadas pela sua importância no mecanismo de evolução da faixa costeira, bem como de sua vulnerabilidade à ocupação. São assim, áreas que inviabilizam o parcelamento do solo.

A síntese da classificação geomorfológica e processos costeiros associados encontram-se organizados na figura 14.

Figura 14.



Referências bibliográficas

- ALMEIDA, F. F.M., *Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 23., Salvador, SBG p.29-46, 1969.
- BITTENCOURT, R.; ALMEIDA G.; CARPENTIERI, E. *Potencial Eólico no Litoral do Ceará e Rio Grande do Norte para Geração de Energia Elétrica*. 1996. Relatório – DEFA-EO-RT, CHESF - 002/96, rev.1, outubro, 1996.
- CAMPOS, J.N.B.; STUDART, T. Climatologia. In: *A zona costeira do Estado do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada*. Coord. Alberto Alves Campos [et al]. Fortaleza. AQUASIS: 2003, p: 51-53.
- COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ. 2003. www.cogerh.com.br.
- FREIRE, G.S. *Etude hydrologique et sedimentologique de L'estuaire du Rio Pacoti (Fortaleza-Ceará-Brésil)*. 1989, 223p. Tese (Doutorado)-Universite de Nantes, Nantes/ France, 1989.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. 2003. www.funceme.br.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS (INPH) – *Relatório Interno*. Pecém – CE, 2001.
- MAGALHÃES, S. H. O. *Caracterização Morfodinâmica e Evolução a Médio e Curto Prazo das Praias dos Municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante* – CE. 2000. 124p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2000.
- MAIA, L.P. *Proceso costeros y balance sedimentario ao lo largo de Fortaleza (NE-BRASIL): implicaciones para uma gestão adecuada de la zona litoral*, 1999. Tese (Doutorado). Universidade de Barcelona-Espanha, 269 p. 1998
- MORAIS, J.O. Processo de Assoreamento do Porto do Mucuripe. *Arq. Cien. Mar*, Fortaleza, 12 (2): 139-149, 8 figs, 1969.
- MORAIS, J.O. Aspectos correlativos de geologia litoral e submarina. *Arq. Ciênc. Mar*, Fortaleza, 9 (2): 127-131. 5 figs, 1969.
- MORAIS, J.O. DE; PITOMBEIRA, E.S. Processos Migratórios na Embocadura do Rio Maceiozinho (Fortaleza-Ceará-Brasil). *Bol. Cien. Mar*. Fortaleza (27): 1-9, 4 figs, 1974.
- MORAIS, J. O. *Aspectos da Geologia Ambiental Costeira no Município de Fortaleza - Ceará* - Tese de Professor Titular, 318 pp. illus., Fortaleza, 1980.
- MORAIS, J. O. Evolução Sedimentar da Enseada do Mucuripe. *Arq. Cien. Mar*. Fortaleza 21 (1/2): 20-32, 1981.
- MORAIS, J.O. ; PINHEIRO, L.S. *The impact of the Jaguaribe River flow on the erosion and sedimentation of Pontal de Maceió- State Ceará, NE, Brazil*. In: Symposium on the tidal action, tidal processes and tidal effects on coastal evolution, Porto Seguro. ABEQUA. Porto seguro: ABEQUA, V.1, p.1001-1003, 1999.
- MORAIS, J. O.; FONTELES, M. L. *Fluxos Interativos na Elaboração da Planície costeira de Itarema - Ceará* Revista de Ciência e Tecnologia , Fortaleza - Ce , v. 1 , n. 2 , p. 63 –68, 2000.
- MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L.S.. Evolução a curto e médio prazo da zona costeira adjacente à foz do Rio Jaguaribe-Ceará. *Revista de Ciência e Tecnologia da Uece*, Fortaleza, v. 2, n. 2, p. 69-77, 2000.
- MORAIS, J.O. Compartimentação territorial e evolutiva da zona costeira do Estado do Ceará. In: *Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará*. Lima, L.C (et al.) organizadores., Editora: FUNECE: Fortaleza, p: 106-180, 2000.
- MORAIS, J.O.; PINHEIRO, L.S; PESSOA, P.R.S. Coastal Erosion Processes at Ceara State-Brazil. In: *Coastal Zone Canadá 2002*. Coastal Zone Association. Ontário, v.1, n.1, 2002.
- MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L.S.; CAVALCANTE, A. A. Dinâmica Costeira. In: ELIAS, Denise. (Org.). *O Novo espaço da produção globalizada: O Baixo Jaguaribe-CE*. Fortaleza, 2002, v. 1, p. 119-159.
- MUEHE, D. 1998. O litoral brasileiro e suas compartimentação. In: *Geomorfologia do Brasil*. Cunha S.B. & Guerra, A.J.T. Organizadores, Capítulo 7. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.273-349.
- PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; MEDEIROS, C. Mudanças da linha de praia e feições morfológicas em Cascavel-Estado do Ceará. *Arquivo de Ciências do Mar*, Fortaleza, v.34, n. 1, p. 117-130, 2001.
- PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J.O.; PITOMBEIRA, E. S. Caponga Shoreline Rehabilitation Assesments. *Journal of Coastal Research*, Itajaí, Special Issue, v. 35, p. 536-542, 2003.
- PINHEIRO, L. S. *Riscos e Gestão Ambiental no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel-CE*. Tese de Doutorado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 240 p., 2003.
- PINHEIRO, L. S. *Compatibilização dos processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos com o uso e ocupação da praia da Caponga, Cascavel-CE*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Ceará, 180 p., 2000.
- SOARES FILHO, A. A.; ALCANTARA-FILHO, P. Características hidrológicas das águas estuarinas entre a região média e boca do Rio Jaguaribe (Ceará-Brasil). *Revista de Ciência e Tecnologia da UECE*, 4(4), 43-50, Fortaleza, 2002.

SILVA, J. X. da. *Processes and landforms in the South American Coast*. Tese de Doutorado(PhD). Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. 103 p, 1973.

SOUZA, M. J. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: *Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará*. Lima, L.C (et al.) organizadores., Editora: FUNECE: Fortaleza, p: 6-98, 2000.

SOUZA, M.J.N. Unidades Geoambientais. In: *A zona costeira do Estado do Ceará: Diagnóstico para a Gestão Integrada*. Coord.Alberto Alves Campos [et al]. Fortaleza. AQUASIS:2003, p: 29-40.

VANDOROS, P; OLIVEIRA, M. A. F. *O fonólito Mecejana – CE*. Publ. Academia Brasileira de Ciências – Rio de Janeiro. P.203-206, 1968.