

Gestão de dunas costeiras e conflitos de usos nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte- Nordeste do Brasil

Luis Parente MAIA, José Reginaldo Lima Verde LEAL, Lidriana de Souza PINHEIRO, Eugenio Marcos Soares CUNHA e Jordi SERRA

Maia, L.P., Leal, R.L.V., Pinheiro, L.S., da Cunha, E.M.S. e Serra, J. 2012. Gestão de dunas costeiras e conflitos de usos nos estados do Ceará e Rio grande do Norte- Nordeste do Brasil. En: Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Mir-Gual, M. y Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 257-270. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

La gestión
integrada de
playas y
dunas:
experiencias
en
Latinoamérica
y Europa

O objetivo deste trabalho foi discutir os critérios de classificação e enquadramento dos tipos de uso e ocupação nas dunas costeiras nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Os mais diversos tipos de dunas foram compartimentados com ênfase na sua gênese, dinâmica e peculiaridades, revelando as fragilidades ambientais, a partir do cruzamento das principais formas de uso e ocupação. Os aspectos dinâmicos e jurídicos na classificação de dunas costeiras também foram discutidos. As zonas de preservação e conservação, com suas respectivas fragilidades e magnitude de impacto, nortearam a indicação dos usos tolerados e proibidos, com as devidas adaptações a realidade socioeconômica e tradições culturais dessas áreas.

Palavras-chave: *Dunas, ZEE, uso e ocupação, impactos, gestão ambiental.*

MANAGEMENT OF COASTAL DUNES AND CONFLICTING USES IN THE STATES OF CEARA AND RIO GRANDE DO NORTE, NORTHEASTERN BRAZIL. The goal of this paper is the discussion about classification criteria and setting for use type and occupation for Ceará and Rio Grande do Norte coastal dunes. The great diversity of dunes was divided from genetical, dynamics and other specificities showing the environmental fragilities from their use and occupation forms. Dynamical and juridical aspects to classify coastal dunes are discussed. Preservation zones with their own fragilities and impact amount could indicate allowed and not allowed uses with adaptation to the socioeconomic, cultural and traditional contexts.

Key words: *Dunes, Zee, occupation and use, impact, environment management*

Luis Parente MAIA, Universidade Federal do Ceará, LABOMAR, Av. Abolição 3207Fortaleza CEP 60165-081, BR. e-mail: parente@ufc.br; José Reginaldo Lima Verde LEAL, Universidade Federal do Ceará, LABOMAR e-mail: limaverdeleal@oi.com.br; Lidriana de Souza

PINHEIRO, Universidade Federal do Ceará, LABOMAR, e-mail: lidriana.lgco@gmail.com; Eugenio Marcos Soares da CUNHA, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Br. e-mail: eugeniomsc@supercabo.com.br, Jordi SERRA i RAVENTÓS, Universidad de Barcelona, Facultad de Geología. Martí i Franquès, s/n; 08028, Barcelona, E, e-mail: jordi.serra@ub.edu.

Introdução

As dunas constituem os relevos mais notáveis da zona costeira do Nordeste Brasileiro (Figura 1). Elas desenvolvem-se da faixa de praia em direção ao interior da zona costeira a partir da acumulação de areias quartzosas médias e finas vindas da ante-praia e do estirâncio, sendo as principais fontes primárias a erosão de falésias e praias e provavelmente, a plataforma continental (Claudino Sales, 2002). A gestão e o uso adequado da zona costeira implica necessariamente no conhecimento dos processos dinâmicos que controlam a sua evolução. A previsão do comportamento da costa, em condições naturais e sob a pressão das atividades socioeconômicas nela desenvolvidas é condição *sine qua non* para a gestão e conseqüente administração de conflitos ambientais. Dentre tais processos, os eólicos assumem grande importância em virtude da grande disponibilidade de materiais submetidos às condições climáticas favoráveis à deflação na maior parte do tempo.

Os registros geológicos mostram que a formação e migração das dunas são processos constantes no litoral do Nordeste Setentrional desde o Pleistoceno (Claudino-Sales, op.cit). Durante este intervalo, o vento atuou como agente erosivo (ao extrair sedimentos das praias), como agente de aporte de material (através da migração sobre os promontórios ou indiretamente, pelo aporte de sedimentos nos cursos fluviais) ou como produtor de impactos ambientais, como o avanço de dunas em

zonas urbanizadas Meireles e Gurgel (1994), Maia (1998), Morais (2000), Claudino-Sales (2002) e Carvalho (2002).

Considerando-se a tendência de crescimento demográfico e ocupação da zona costeira, a demanda por novos espaços, a intensa deflação, de ordem natural ou acelerada, torna-se imprescindível o desenvolvimento de técnicas e de critérios de ordenamento desse território que podem ser refletidas nos zoneamentos ambientais. Quando se fala da Costa Setentrional do Nordeste Brasileiro, na rota de investimentos de grandes grupos hoteleiros e industriais, com alta potencialidade natural para a geração de energia eólica, com comunidades tradicionais (pescadores, índios, quilombolas) que dependem dos recursos costeiros para sua sobrevivência e manutenção de suas culturas, os critérios e variáveis de zoneamento requerem análises mais complexas de como orientar o caminho na busca do desenvolvimento sustentável, principalmente quando se trabalha com ambientes naturalmente instáveis, como é o caso das dunas.

Quais os melhores métodos e classificações a serem utilizadas? Como preencher lacunas e carências de informações importantes? Qual a melhor forma de compatibilizar o desenvolvimento e a conservação de dunas, sistemas vitais ao equilíbrio da zona costeira? Com o objetivo de avançar nessas discussões, este texto discute os critérios usados no Zoneamento Econômico Ecológico do Estado do Ceará e litoral Setentrional do Rio Grande do Norte,

como instrumento legal de gestão e ordenamento do território.

Aspectos dinâmicos e legais na classificação de dunas costeiras

Os depósitos eólicos costeiros no Nordeste Brasileiro têm sido classificados sob os mais diferentes aspectos. Dentre eles destacam-se a classificação por gerações de dunas (idade dos depósitos) ou pela dinâmica atual, baseada no balanço entre morfogênese e pedogênese.

As idades desses relevos revelam as condições climáticas, oceanográficas e morfológicas que controlaram a sua formação, localização, geometria e as possíveis tendências de evolução, principalmente da sua capacidade de proteção da costa frente às mudanças climáticas globais, a exemplo da elevação do nível médio do mar (Vinchon *et al.*, 2009). Em curto prazo, o conhecimento da dinâmica, potencialidades e limitações de uso desses ambientes é de relevante interesse quando da necessidade de compatibilizar a conservação ambiental e as demandas por espaços para a expansão de cidades, portos, indústrias e sistemas de geração de energia nas planícies costeiras. Vale ressaltar que as zonas costeiras concentram cerca de 65% da população em todo o planeta.

Os depósitos eólicos na costa do Nordeste Setentrional foram classificados em diferentes gerações de dunas, por Maia (1998), Claudino-Sales(2002; 2005), Claudino-Sales e Peulvast (2002), Meireles e Serra (2002), Carvalho (2003), Castro e Ramos (2006), Carvalho et al., 2008. A maioria desses trabalhos considera que a condição ideal para a formação dessas morfologias eólicas deve estar associada a um nível de mar inferior ao atual e com disponibilização de material da plataforma continental interna para o retrabalhamento

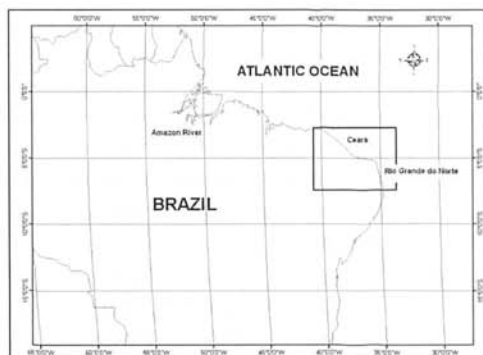


Fig. 1. Mapa de localização da área de estudo, Nordeste do Brasil.

Fig. 1. Study area map, NE Brasil.

eólico. As classificações por gerações mais utilizadas no nordeste brasileiro, precisamente na costa dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, foram as propostas por Maia (1998) que estabelece as gerações de paleodunas (1°), fixas (2°), cimentadas (3°) e móveis (4°), além das formas de deflação. São representadas pelos tipos mais comuns, e que muitas vezes coexistem em uma mesma área geográfica, a exemplo das barcanas, barcanóides, barcanas isoladas, longitudinais, parabólicas, parabólicas semi-fixa, parabólicas *hairpin*, bordejantes, eolianitos, *sand sheet* e *nebkas*.

A classificação dinâmica assume importância inequívoca nas políticas de gestão no ordenamento territorial de áreas urbanas e industriais, pois expressam a troca de fluxos de matéria e energia das dunas entre os demais sistemas costeiros, a exemplo das praias, estuários e plataforma interna. As dunas na costa do Nordeste Brasileiro foram classificadas segundo os estados dinâmicos como ativas e inativas Giannini *et al.*, (2005). As dunas móveis e semi-fixas correspondem às dunas ativas, respectivamente sem e com participação essencial da vegetação na sedimentação. As dunas inativas correspondem às dunas fixas e cimentadas, representadas pelas paleo-

dunas e eolianitos. Neste contexto, o conhecimento sobre as taxas de migrações de dunas ativas é um instrumento importante no manejo de dunas, em função dos impactos do assoreamento de recursos hídricos superficiais costeiros, soterramento de lavouras, equipamentos urbanos e do patrimônio histórico.

As primeiras taxas de migração por medições diretas do transporte eólico com uso de armadilhas e aplicação de modelos matemáticos foram obtidas por Moraes e Souza (1971) nas dunas e praias do Meireles, na cidade de Fortaleza. Fortes (1987), baseado numa avaliação preliminar usando fotografias aéreas multitemporais, sugeriu uma velocidade mínima de deslocamento de 8m/ano para dunas barcanas no Rio Grande do Norte, tendo aplicado o método indireto de medição das marcas deixadas pelo seu deslocamento.

Maia (1998) observou que o transporte eólico nos campos de dunas do Iguape, Pecém e Jericoacoara ocorre entre 3 cm de altura do solo, a maior parte (94%) estando limitada aos 10 primeiros centímetros e que a velocidade crítica para o início do deslocamento das partículas é da ordem de 5,0 m/s. Maia (1998) e Rodrigues (1999) também executaram trabalhos de avaliação de movimentação das dunas do Caipe, associando medidas diretas, utilizando marcadores em campo e fotografias aéreas multi-temporais, chegando a valores respectivamente de 17 e 11 metros por ano. Jimenez *et al.* (1999) calcularam taxas de migração de dunas de 6 m por ano no caso de lençóis arenosos sem formas definidas (sandsheets) e variando de 9 a 11 m por ano no caso de campos de dunas barcanas. Castro (2004) verificou taxas de migração de dunas na direção da cidade de Paracuru variando de 1,9 a 8,3 m/ano. Estes estudos subsidiaram a implantação de projeto de contenção de

dunas, utilizando palhas alinhadas, executadas pela SEMACE.

As dunas de Jericoacoara, Baleia, Flexeiras e Paracuru apresentaram taxas variando de 14 a 23m/ano para as dunas barcanóides e de 15 a 32m/ ano para as barcanas (Carvalho *et al.*, 2006). As taxas médias anuais de migração de dunas dependem consideravelmente das dimensões dessas formas de leito, caracterizando-se uma correlação inversa entre a taxa de migração e parâmetros como volume, comprimento, largura e altura das dunas, principalmente para as barcanas.

Apesar dos avanços metodológicos e tecnológicos para o cálculo das taxas de migração de dunas, estas informações ainda não podem ser utilizadas, em larga escala como critérios e indicadores na compartimentação de células costeiras, no zoneamento ambiental e no reordenamento territorial. Isto resulta da escassez de monitoramentos sistemáticos com uma série temporal e espacial e que contemplem toda a diversidade e dinâmica desses ambientes, na costa setentrional do nordeste semi-árido de forma confiável. Obviamente, esta condição reflete os poucos investimentos públicos e privados nesta seara do conhecimento. Informações valiosas no planejamento do território são utilizadas como dados secundários nos zoneamentos e planos de gestão.

A legislação ambiental brasileira considera dunas, de acordo com o Artigo 2º, X, da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) No. 303, de 20 de março de 2002, como unidade geomorfológica de constituição predominante arenosa, com aparência de cômoro ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação, particularizando o conceito de dunas móveis como: “Unidades geomorfológicas de constituição

predominantemente arenosa, com aparência de cômoro ou colina, produzidas pela ação dos ventos, situadas no litoral ou no interior do continente, sem cobertura vegetal”. Desse modo, as dunas fixas diferem das dunas móveis por serem “recobertas por vegetação”.

No Zoneamento Ecológico Econômico da Zona costeira do Estado do Ceará e da costa setentrional do Rio Grande do Norte, Maia *et al.* (2005; 2008) compatibilizaram as diretrizes da legislação federal e os aspectos importantes, como o modo de formação e idade das dunas. Dessa forma, os depósitos eólicos foram classificados em: paleodunas, dunas fixadas por vegetação, eolianitos e dunas móveis. Porém, para melhor cruzamento de informações sobre peculiaridade e fragilidade com as condições de riscos, essas formas foram agrupadas em dois compartimentos, os das dunas fixadas e móveis de acordo com a Resolução CONAMA acima citada. Variáveis como o desenvolvimento de horizontes de solos e grau de cimentação foram utilizados como critérios de diferenciação entre as paleodunas, dunas fixas e eolianitos. Outra variável de análise foi em relação às

dimensões e modo de ocorrência, que possibilitou a compartimentação dos depósitos segundo Pye e Tsoar (1990) da seguinte forma: 1) dunas simples (formas individuais de dunas que estão espacialmente separadas de suas vizinhas; 2), dunas compostas (duas ou mais dunas do mesmo tipo que são coalescentes ou superimpostas), e 3) dunas complexas (dois ou mais tipos de dunas que coalesceram ou foram superimpostas).

Considerando as variáveis de classificação dinâmica de dunas e os respectivos *inputs* e *outputs* de matéria e energia nelas embutidas, Maia *et al.* (2005; 2008) analisaram os grupos e sub-grupos de dunas por trechos denominados de Células Costeiras. Os limites dessas células foram definidos por feições geográficas como rios, estuários, promontórios, áreas urbanizadas, dentre outros.

Considerando a grande variação na conformação do conjunto de dunas contidas nas células costeiras e que o objetivo principal se resume em delimitar as dunas passíveis de ocupação, observando os critérios que comprovem que a ocupação de tais áreas não comprometerá os aspectos especificados no Artigo 3º, incisos I, II, III,

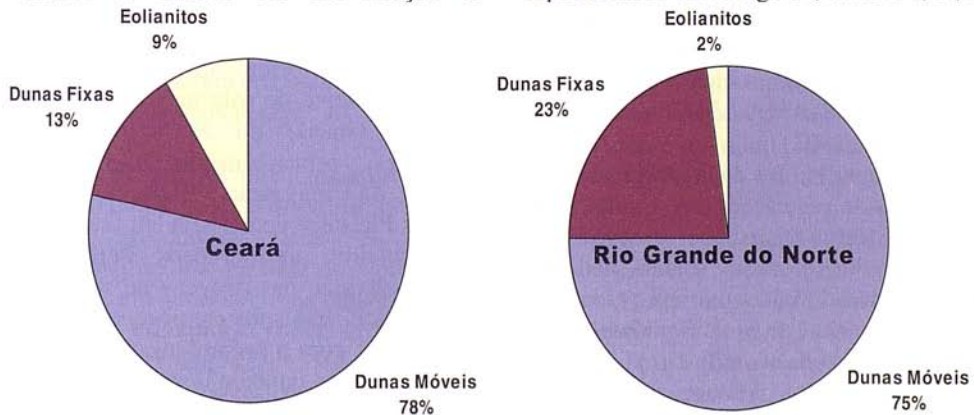


Fig. 2. Distribuição dos tipos de dunas no Estado do Ceará e no litoral setentrional do Rio Grande do Norte (km²). (Fonte: Maia *et al.*, 2005; 2008).

*Fig. 2. Ceará and North coast of Rio Grande do Norte dune type distribution (km²). (From Maia *et al.*, 2008; 2005)*

IV e V do parágrafo 1º, quais sejam: a recarga e a pressão hidrostática do aquífero dunar nas proximidades de ambientes estuarinos, lacustres, lagunares, canais de maré e sobre restingas; a quantidade e qualidade de água disponível para usos múltiplos na região, notadamente a consumo humano e dessedentação de animais, considerando-se a demanda hídrica em função da dinâmica populacional sazonal. Dessa forma, cada célula costeira pode conter um ou mais campos de dunas a serem delimitados e quantificados para efeito de aplicação da referida resolução, devendo ser individualizados apenas os campos de dunas com presença de dunas não vegetadas, cuja ocupação não comprometa os critérios acima especificados.

A Resolução do CONAMA nº 303, regulamenta o artigo 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), no que concerne às Áreas de Preservação Permanente, incluindo as dunas vegetadas ou não, como explicita o Artigo 3º, V, nessa classe da área. A edição da Medida Provisória Nº. 2.166-67/2001, estabelece em seu artigo 4º, parágrafos 1 e 5, os critérios para o sacrifício das Áreas de Preservação Permanente resguardadas pelo Código florestal. Por motivo de utilidade pública ou interesse social, foi editada a Resolução CONAMA 341, de 25 de setembro de 2003 que, em seu Art. 2º, regula a ocupação, em dunas originalmente desprovidas de vegetação, por atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis, declarados de interesse social mediante procedimento administrativo aprovado pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente. Esta proposta de zoneamento simplificou o entendimento pelos gestores estaduais e municipais da dinâmica, peculiaridades, fragilidades e de riscos de sistemas ambientais complexos, como as dunas costeiras. Esse método facilita o

enquadramento de uma série de legislações e medidas provisórias de âmbito federal e estadual, que procuram administrar os mais variados conflitos de uso e ocupação.

Compartimentação e formas de uso e ocupação dos campos de dunas

Os campos de dunas fixadas por vegetação e móveis no Estado do Ceará e na Costa Setentrional do Rio Grande do Norte totalizam áreas de 331 km² e 140 km², respectivamente. As dunas fixadas por vegetação, com maior restrição legal às formas de uso e ocupação, correspondem a aproximadamente 13% e 23 % dessas áreas, nos respectivos Estados (Fig. 2). Os eolianitos, dunas fixadas por cimentação, foram detectadas por mapeamento apenas no Estado do Ceará, totalizando uma área de 30,63 km², concentrados predominantemente no litoral oeste do Estado. Vale ressaltar que ocorrências desses depósitos em Macau foram identificadas por Castro e Ramos (2006).

No contexto das dunas fixadas por vegetação, as paleodunas são os depósitos eólicos mais antigos encontrados no litoral do Rio Grande do Norte e no Estado do Ceará, sem forma definida e com desenvolvimento de solo na parte superior. No Rio Grande do Norte são muito frequentes, principalmente capeando o arenito da Formação Barreira (leques aluviais Pleistocênicos), seja em falésias ou nos tabuleiros pré-litorâneos. Porém, sua individualização nas imagens de satélites é muito difícil, não somente porque pode ser confundidas com o próprio arenito Barreira subjacente, mas também devido à cobertura de dunas mais recentes.

Ocorrências importantes no Rio Grande do Norte foram observadas em cortes de estradas em Macau, nas margens estuarinas do Porto do Mangue, nos topos

de falésias mortas das Praias de Rosado, Ponta do Mel e Tibau, na fronteira com o Ceará. No estado do Ceará, as expressões mais notáveis correspondem às localizadas nas falésias de Canoa Quebrada (Leal, 2003) e registros nos topos de falésias de Ponta Grossa e Morro Branco. No litoral oeste, merecem destaque as paleodunas de Paracuru, Baleia, Trairi, Preá e Tatajuba. Na maioria das vezes, elas estão erodidas e recobertas por dunas mais recentes. Em geral, elas têm estrutura maciça e uniforme como na região entre a localidade de Preá e Jericoacoara, município de Cruz. Porém em outros locais podem ser observadas as estratificações cruzadas. Dentre as principais formas de uso e ocupação identificados se destacam lavras associadas a cortes de estradas, mineração, agricultura de subsistência, extrativismo vegetal, desmonte para construção de casas e estruturas da pecuária.

A vegetação tem muita influência nas formas das dunas costeiras e algumas são características da ação fixadora das plantas: dunas *hummock*, parabólicas e lineares vegetadas. Pye e Tsoar (1990) consideram como pertencentes a este tipo de dunas: *hedgehogs*, *shadows dunes*, *coppice dunes*, *nebkas* e *rebdous*, típicas áreas de erosão eólica, como as planícies de deflação e, por serem de pequena dimensão, não podem ser mapeadas na escala do mapeamento.

No limite dos municípios de Rio do Fogo e Touros já se observa os primeiros campos de dunas fixas do litoral setentrional do Rio Grande do Norte. Eles se situam, em geral sobre os tabuleiros pré-litorâneos, esculpido sobre a Formação Barreiras e, muitas vezes, são difíceis de distinguir dos terraços quaternários formados de areias de dunas dissipadas. A principal diferença entre eles é que, enquanto estes terraços quaternários são

planos, as dunas fixas sobressaem de 15 a 30 metros da superfície dos tabuleiros.

Os grandes campos de dunas fixas voltam a ser observados mais para norte. De Galinhos, passando por Enxu Queimado, São Bento do Norte e Caiçara do Norte, iniciam-se os grandes campos de dunas móveis, com desenvolvimento de vegetação, na maioria das vezes pioneira, principalmente no lado voltado para o continente. Ocorrências são observadas em Guamaré, Diogo Lopes, Barreiras (marcadamente nos afluentes do rio Açu). Entre as praias de Rosado e Ponta do Mel são comuns dunas vegetadas associadas ao campo de dunas móveis, que migram para o topo das falésias mortas. No estado do Ceará, elas apresentam várias dezenas de metros de extensão e até 30 m de altura, com comprimento de 3 km (Iguape), 6 km (Pecém), 11 km (Guriú) e até 14 km (Taíba/Lagoa dos Talos) (Claudino Sales, 2002). A oeste de Redonda, um campo de dunas fixas se destaca sobre o tabuleiro pré-litorâneo.

No vale do rio Casqueira, em Macau, e nos tabuleiros pré-litorâneos que o envolvem, as dunas parabólicas são tão alongadas que tomam a forma de grampo de cabelo (*hairpin*). Dunas fixas do tipo parabólicas em forma de U ou *hairpin* ocorrem também a barlavento das pontas litorâneas no Estado do Ceará, a exemplo de Iguape, Pecém e Lagoinha, onde o estoque de areias no estirâncio é abundante (Fig. 3a e 3b).

Tsoar *et al.* (2009) identificaram dunas fixas na Costa do Ceará com idades de aproximadamente 132 mil anos, cuja estabilização por vegetação foi atribuída em maior escala, à diminuição da energia dos ventos do que aumento da precipitação no Pleistoceno, o que explicaria a co-existência de dunas edafizadas e móveis em uma mesma área.

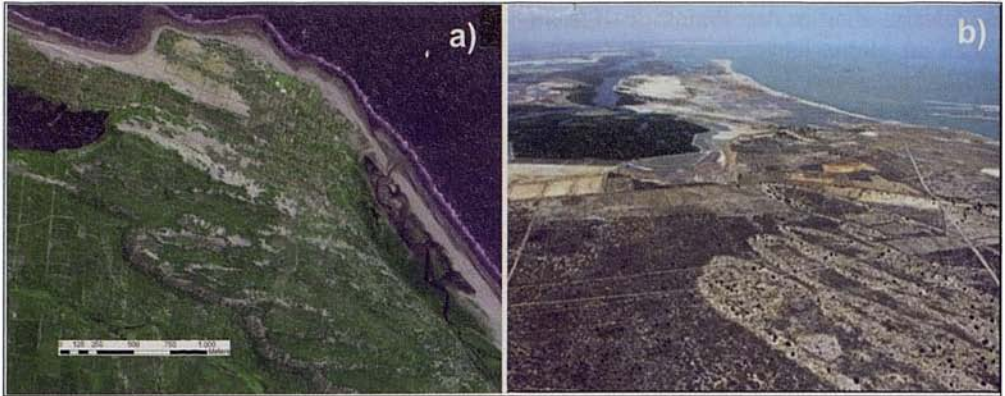


Fig. 3. Dunas Parabólicas em forma de *hairpin* na ponta do Iguape-CE (a) e na margem direita do rio Casqueira em Macau-RN (b).

Fig. 3. a) *Hairpin* parabolic dunes in Ponta do Iguape (CE) and b) Casqueira River right margin.

As dunas semi-fixas são representadas, sobretudo pelas formas frontais (duna bordejante, foredune). Tais formas essencialmente dinâmicas são fixadas por vegetação pioneira na faixa de berma, dominando setores de praia protegidos, a exemplo da retaguarda de cordões de *beachrocks* e faixas de praia em progradação. Comumente apresentando menos de 1 m de altura, alcançando até 2 m em alguns locais. As dunas parabólicas semi-fixas são formas móveis em processo de fixação, ou formam-se em torno de depressões criadas pela deflação em superfícies dunares vegetadas, frequentemente evoluindo a partir de *blowouts* (Claudino Sales, 2002). Elas apresentam grandes dimensões (20 m de altura e centenas de metros de largura e extensão) e ocorrem no litoral central e ocidental (Lagoinha, Mundaú, Fleicheiras, Patos, Sabiaguaba, Taíba, Preá e Tatajuba). Os setores marginais acham-se fixados por vegetação rasteira e os *fronts*, em processo de migração, enquanto a parte central é ocupada por lagoas temporárias ou perenes, formadas pela deflação que atinge o nível de base de erosão (Levin *et al.*, 2007).

As formas de uso e ocupação se assemelham às verificadas nas paleodunas,

com destaque para o desmatamento e ocupação por casas de veraneio na praia do Iguape, que podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas, desses importantes aquíferos costeiros.

Na costa Potiguar, Caldas (2002) descreve em Ponta dos Três Irmãos, Ponta do Emissário e rio Tubibau um depósito de pós-praia constituído de um arenito médio a fino, bem selecionado formado predominantemente de quartzo e, menores proporções, de turmalina, feldspato, titanita, zircão e opacos, tendo como componente biodetríticos de alga vermelha e foraminíferos ocupando mais de 15% do volume da rocha. Esta rocha com estratificação cruzada tangencial à base e bioturbação, foi interpretada pelo autor como eolianito.

Em toda a extensão central e ocidental do litoral do estado do Ceará, ocorrem dunas cimentadas por carbonato de cálcio, do tipo eolianito (Maia, 1998), que extremamente erodidas expõem formas do tipo “*yardang*” (Carvalho *et al.*, 1994). A presença de eolianitos exclusivamente no setor litorâneo ocidental acha-se provavelmente associada à disponibilidade de carbonatos na plataforma continental adjacente, indicando a contribuição de

areias da plataforma para a faixa de praia, tanto no passado quanto no Presente. Estes depósitos são proeminentes no litoral oeste do Estado do Ceará, com maior continuidade nas praias de Paracuru, Pecém, Grajiru, Flecheiras e Jericoacoara. Parte desses depósitos foram desconfigurados pelos cortes de estradas e expansão de cidades costeiras. Os eolianitos correspondentes à terceira geração, localizados entre Macau e Jericoacoara, através do método 14C apresentam idade entre 1780 ± 80 a 1320 ± 50 anos AP (Castro e Ramos, 2006).

As dunas móveis são do tipo longitudinal, parabólica e barcana, ocorrendo em diversos setores campos de barcanóides (Maia, 1998; Claudino Sales, 2002). Elas apresentam altura de 20 m em média, com largura e extensão de até centenas de metros, e dominam, sobretudo, os segmentos mais externos (próximo do mar) das planícies litorâneas. As barcanas, dunas móveis mais comuns no litoral nordestino, desde o Maranhão, até a fronteira com a Paraíba são dunas de areia fina, formadas por acumulação devido às mudanças de rugosidade dos terrenos ou flutuações aerodinâmicas (Pye e Tsoar, 1990).

As barcanas desenvolvem-se, sobretudo em superfícies planas onde há presença de espelhos d'água rasos, que parecem regular o processo de deflação sobre as superfícies arenosas, impedindo a coalescência dos depósitos e a formação de *sandsheets* (Claudino Sales, 2002). Em Jericoacoara (litoral oeste do Ceará), ocorrem megabarcanas com até 55 m de altura e 500 m a 600 m de largura e extensão (Jimenez *et al.*, 1999). Essas dunas foram estudadas por Maia (1998) e Jimenez *et al.* (1999) a partir de medições de campo e utilização de modelos matemáticos, tendo, os autores concluíram que tais depósitos migravam sem perder a

forma e o volume. Medidas recentes indicam volumes de até 6 milhões de m^3 por duna de Jericoacoara. Cadeias de barcanas são também observadas na costa Potiguar nas praias do sul da Ponta do Mel, São Cristóvão, Touros, São Miguel do Gostoso e Enxu Queimado (Figs. 4a e 4b).

Os lençóis dunares (*sand sheets*) são feições marcantes em toda a costa do Estado do Ceará e Rio Grande do Norte, muitas vezes ocorrendo associadas às cadeias de barcanóides. Podem atingir larguras de 3,5 km em relação a linha de costa, avançando sobre terrenos agricultáveis da Formação Barreiras, cidades, vilas e recursos hídricos superficiais da zona costeira.

No distrito de Aranau, estruturas como barracas, bares, vias e rede de iluminação foram recobertos, causando prejuízos ao setor local. Nas praias de Cumbuco, Caponga, Pecém, Pontal de Maceió, os equipamentos urbanos, como vias e casas, que ocuparam os corredores eólicos, foram completamente assoreadas.

Na praia de Upanema, em Areia Branca no Rio Grande do Norte, as dunas móveis se estendem até à praia e, entre a Ponta do Mel e a sede de Areia Branca, a comunidade de Redonda, teve seu primeiro assentamento invadido por areias eólicas, correndo o risco de sofrer um novo soterramento pelo avanço, contínuo, das dunas móveis.

As feições de *sandsheets* e barcanóides de maior destaque são observadas nas praias de Marco, Galinhos, Ponta dos Três Irmãos, São Cristóvão.

Em Tibau, embora possam ocorrer dunas móveis sobre a falésia do arenito Barreiras, a maior parte dos sedimentos eólicos é constituída de paleodunas e dunas vegetadas.

Em datações por C14 realizadas por Castro e Ramos (2006), os sistemas das

dunas transversais móveis apresentam idades de 1320 ± 50 AP.

Ademais esses depósitos são responsáveis pela obstrução das desembocaduras de drenagens de médio e pequeno porte resultando na evolução de sistemas estuarinos para estuarinos-lagunares e lacustres a exemplo das lagoas de Jijoca, Catu, Mundaú, Choro e Malcozinhado (Pinheiro *et al.*, 2006). Campo de dunas avança sobre a planície flúvio-marinha entre Guamaré e Galinhos (Fig. 5).

No Roteiro Metodológico para Gestão de Área de Preservação Ambiental, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA sugere a aplicação de tipologias como Zona de Proteção e Zona de Conservação.

A Zona de Proteção é prevista no Código Florestal e, o termo Proteção foi utilizado “para uma zona ambiental onde predominam políticas com alto nível de restrição ao uso do solo, tolerando-se usos existentes compatíveis e promovendo-se atividades de interesse ambiental. Na Zona de Conservação, os níveis de controle são mais brandos, privilegiando, ainda, os programas de controle e recuperação ambiental.

Considerando as condições de ocupação, magnitude do grau de impacto, fragilidade e a importância a zona costeira do Estado do Ceará e litoral setentrional do Rio Grande do Norte foram enquadradas em quatro zonas segundo a metodologia adaptada de Arrura (2001). Essas zonas seriam:

a) *Zona de Proteção Prioritária* – Corresponde as áreas de alta peculiaridade e alto impacto. A alta peculiaridade corresponde às feições que são difíceis de se encontrar em outros locais, sendo, pois, raras, daí a mensuração de alto impacto, uma vez que a utilização indiscriminada levaria

ao seu desaparecimento, o que induza à proposição de medidas de proteção mais rigorosas e grande restrição aos usos, que apresentem risco a sua manutenção.

- b) *Zona de Proteção Especial* – São áreas raras em ocorrência, mas a ocupação não se apresenta tão intensiva que possa causar grandes impactos. Assim, é recomendada, nesta zona, a manutenção da proteção das feições de alta peculiaridade e a regulamentação do uso e ocupação, para que as atividades não causem maiores danos a estas feições raras.
- c) *Zona de Conservação Prioritária* – Corresponde às áreas não peculiares que podem ser comuns na região, mas que apresentam certas fragilidades, incompatíveis para usos e ocupações intensivos que podem causar grandes impactos. Neste caso, deve haver um controle para garantir ocupações de menor impacto e incentivo a usos e atividades compatíveis com as características e peculiaridades das áreas.
- d) *Zona de Conservação Especial* – Corresponde às áreas não peculiares, comuns na região, mais equilibradas do ponto de vista ambiental e que não apresentam grandes fragilidades para usos e ocupações intensivas. Neste caso, o controle deve especificar medidas de conservação integradas com recuperação, destinadas a prevenir ou reduzir processos de degradação. É evidente que esta classificação em quatro zonas, não exclui as Áreas de Preservação Permanente (APP), definidas por lei, cujos condicionantes restringem ou impedem o uso e/ou a ocupação.

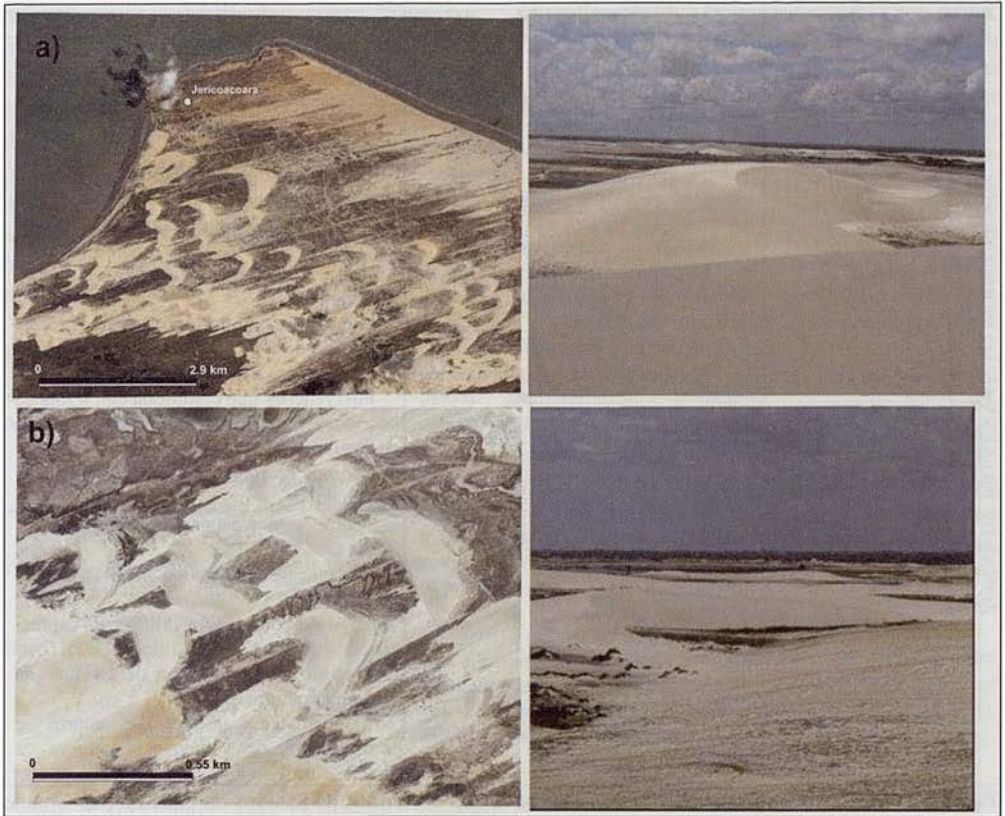


Fig. 4. a) Barcanas isoladas na Praia de Jericoacoara (Ceará) e b) na planície flúvio-marinha a oeste de Guamaré (RN).

Fig. 4. Isolated barchans dunes in (a) Jericoacoara beach (Ceará) and West Guamaré fluvio-marine plain (b).



Fig. 5. Campo de Dunas avançando sobre a planície flúvio-marinha entre Guamaré e Galinhos.

Fig. 5. Mobility field dune in fluvio-marine plain between Guamaré and Galinhos beach.

| | AREAS | TOLERADOS | PROIBIDOS |
|---------------------------------|---|---|--|
| ZONAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE | <i>Dunas Móveis</i> <i>Barcanas, barcanoides, sandsheets</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Trilhas para buggies e de carros com tração para visitação turística.. - Construção de cobertura de palha para apoio de atividades desenvolvidas por moradores de comunidades tradicionais, ou para a fiscalização de visitação turística. - Pequenas cacimbas visando fornecer água para os animais e a irrigação das plantas. - Instalação de parques eólicos. - Instalação de equipamentos turísticos de interesse social, aprovados com base na Resolução CONAMA 341. | <ul style="list-style-type: none"> - Instalação de muros, cercas, edificações de qualquer natureza, não permitidas ou toleradas, qualquer que seja o uso e a atividade a que se destina. - Ocupações que comprometam a recarga e a pressão hidrostática do aquífero dunar e qualidade de água. - Intervenções que comprometam os bancos de areia que atuam como áreas de expansão do ecossistema manguezal e de restinga. - Intervenções que comprometam os locais de pouso de aves migratórias e de alimento e refúgio para a fauna. - Intervenções que comprometam a função da duna na estabilização costeira e sua beleza cênica. - Retirada de areia e deposição de resíduos de qualquer natureza. |
| | <i>Dunas Fixas</i> <i>Paleodunas, parabólicas, etc.</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Coletar sementes, folhas, flores e mudas para catalogação e envio aos herbários e estudos de preservação das dunas. - Fotografar as paisagens. - Trilhas ecológicas para passeio, a pé ou em montaria, observando plano de manejo devidamente aprovado. - Reflorestamento com espécies naturais. | <ul style="list-style-type: none"> - Corte e desmatamento da vegetação nativa. - Circulação de veículos motorizados no interior. - Caçar ou colocar armadilhas para captura de ani-mais. - Queimadas e deposição de resíduos de qualquer natureza. - Construções de cercas, muros e edificações de qualquer natureza e loteamentos. |

Tabela 1. Tipos de usos tolerados e proibidos na dunas costeiras dos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte (litoral setentrional). Fonte: Maia *et al.* (2005; 2008).

Table 1. Allowed & not allowed uses for Ceará and North coast of Rio Grande do Norte coastal dunes. From Maia *et al.* (2005; 2008).

As dunas fixadas por vegetação são definidas como APP desde a publicação do Código Florestal em 1965 (Nova versão em discussão no Legislativo). No Ceará, os eolianitos são identificados pela população de praianos pelo nome de “cascudos”, em função do grau de endurecimento de suas areias, fato que faz com que se sobressaiam entre as dunas móveis que os cercam. Essa condição de material endurecido parece ter funcionado como área de apoio importante para os grupos de índios nômades que se deslocavam pelo litoral cearense antes do período de colonização portuguesa. Estas dunas serão enquadradas como APP nos decretos estaduais (CE e RGN) de Zoneamento Ecológico Econômico.

No caso do uso das dunas móveis, existe na atualidade uma grande discussão sobre os tipos de ocupação permitidos. Segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 341 de 2003 estas dunas somente podem ser ocupadas por empreendimentos turísticos sustentáveis em até vinte por cento de sua extensão, limitada à ocupação a dez por cento do campo de dunas, recobertas ou desprovidas de vegetação.

Entretanto, a resolução Conama nº 369 editada em 2006, que dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, possibilitou a intervenção em APP, e incluiu as obras essenciais de

infraestrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia, liberando neste caso a ocupação por Aerogeradores, o que conflita diretamente com o tipo de empreendimento turístico previsto na resolução anterior. Os usos tolerados e proibidos, com as devidas adaptações à realidade socioeconômica e tradições culturais dessas áreas estão resumidos na tabela 1.

Referências

- Arruda, M.B. 2001. Roteiro Metodológico para Gestão de Área de Proteção Ambiental. Edições IBAMA- Instituto brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília.
- Bagnold, R.A. 1941. The physics of blown sand and desert dunes. Chapman and Hall, London, 266pp.
- Bard, E., Hamelin, B., Arnold, M., Montaggioni, L., Cabioch, G., Faure, G. e Rougerie, F. 1994. Deglacial sea-level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature*, 382: 241-244.
- Caldas, L.H.O. 2002. Late Quaternary coastal evolution of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. Tese de Doutorado, Kiel, 256 pp.
- Carvalho, A. M., Maia, L. P. e Dominguez, J. M. L. 2006. Caracterização do Processo de Migração de dunas de Flexeiras, Baleia, Paracuru e Jericoacoara, Costa noroeste do Ceará. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 1, 44-52.
- Carvalho, A.M. 2002. Processos, agentes e condicionantes da dinâmica costeira - relevância da atividade eólica para a elaboração e manutenção do modelado costeiro entre Cumbuco e Matões, NW do Ceará. Tese de Doutorado, Salvador, 360p.
- Carvalho, A.M., Coutinho, P.N. e Morais, J.O. 1994. Caracterização geoambiental e dinâmica costeira da região de Aquiraz na costa leste do Ceará. *Revista Geologia UFC*, 7: 55-68.
- Carvalho, A.M., Dominguez, J.M.L. e Maia, L.P. 2000. Relação entre a direção do vento/configuração da linha de costa para o desenvolvimento dos campos de dunas no Ceará. XVIII Simpósio de Geologia do nordeste. Resumos, Boletim nº 16. Recife, p.21.
- Castro, J.W.A. 2004. Transporte eólico de sedimentos e migração de dunas sobre o promontório de Paracuru - litoral setentrional do nordeste brasileiro. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Geologia* (72): 1-12.
- Castro, J.W.A. 2005. Buring processes carried out by a mobile transversal dunefield, Paracuru County, State Ceará, Brazil. *Environmental Geology*, 49(2): 214-219.
- Castro, J.W.A.C. e Ramos, R.R.C. 2006. Idade das dunas móveis transversais no segmento entre Macau e Jericoacoara, litoral setentrional do Nordeste Brasileiro. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, v.64, n.4, p.361-367.
- Claudino Sales, V., Peulvast, J.P. 2002. Dunes generations and ponds on the coast of Ceará, North-East Brazil. IN: Allison, R. (ed.). *Applied Geomorphology*, 421-440, ed. John Wiley & Sons.
- Claudino Sales, V. 2002. Les littoraux du Ceará: Evolution Geomorphologique de la zone côtière de l'Etat du Ceara, du long terme au court terme. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sorbonne, 523p.
- Claudino Sales, V. e Peulvast, J.P. 2001. Geomorfologia dos campos de dunas do Estado do Ceará. *Anais do VIII Simpósio da ABEQUA*, 273-276, Porto Alegre.
- Costa, M. I. P. 1984. Caracterização e avaliação dos ambientes dunares nas folhas SA 24 Fortaleza, SB 24/25 Jaguaribe/Natal e SC 23 Rio São Francisco. *Boletim técnico do Projeto RadamBrasil, Série Geomorfologia*, 187:84-87.
- Dalongeville, R. e Salanville, P. 1984. Réflexions sur les beach-rocks de la Mer Méditerranée. In: *Le beachrock, Travaux de la Maison de l'Orient* 8: 29-39.
- Jennings, J.N. 1967. Cliff-top dunes. *Australian Geographical Studies* 5: 40-49.
- Jimenez, J.A., Maia, L.P., Serra, J. e Morais, J.O. 1999. Aeolian dune migration along

- the Ceará coast, North-Eastern Brazil. *Sedimentology* 46: 689-701.
- Levin, N., Tsoar, H., Maia, L. P., Sales, V. C. e Herrmann, H. J. 2007. Dune whitening and inter-dune freshwater ponds in NE Brazil. *Catena*, 70: 1-15.
- Maia, L.P. 1998. Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 269p.
- Maia, L.P., Rodrigues, A.C.B., Cascon, H.M., Barreto, A.M.F., Castro, I.B., Tatumí, H.S. e Costa, A.A. 1999. Correlação estratigráfica em poços de subsuperfície e datação de dunas costeiras inativas da região do Cauípe/Pecém - Costa Oeste do Ceará. VII Simpósio da ABEQUA, Florianópolis, 65-68.
- Maia, L.P., Sabadia, J.A., Freire, J.S.S. e Serra, J. 1997. Caracterização geoquímica e diagenética da cimentação carbonática dos beachrocks e eolianitos da região costeira do Ceará. XVII Simpósio Geologia do Nordeste, 177-191.
- Maia, L.P., Leal, R.L.V., Castro, G.L, Castelo Branco, M.P.N., Uchoa, L.H.M., Cruz, A.L.V, Lessa, H.M.A., Silva. M.V., Rios, M.N., Bezerra, L.J.C. e Farias, E.G.G. 2005. Mapeamento das Unidades Geoambientais da Zona Costeira do Estado do Ceará. Relatório Técnico, Superintendência Estadual do Meioambiente-SEMACE. Acesso em 25/05/2009.: <http://www.semace.ce.gov.br/programas/zee/Produtos/GeoAmbiental.pdf>.
- Maia, L.P., Leal, R.L.V, Rios, M.N., Gastão, F.G. C. e Bezerra, L.J.C. 2008. Mapeamento das Unidades Geoambientais do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte. Relatório Técnico, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Acesso: restrito.
- Meireles, A. J. A. e Serra, J. 2002, Um modelo geomorfológico integrado para a planície costeira de Jericoacoara/Ceará. *Mercator, Fortaleza/Ceará*, 1: 79-94.
- Meireles, A.J., Gurgel, Jr, J.B. (1994). Dinâmica costeira em áreas de dunas móveis associadas a promontórios ao longo do litoral cearense. XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia p.403, Camboriú/Santa Catarina.
- Morais, J.O. Compartimentação evolutiva da zona costeira. In: Lima. L.C. (ed.) *Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará*, 106-180. Editora EDUECE.
- Morais, J.O. y Souza, J.V. 1971. Transporte e sedimentação de dunas no Município de Fortaleza (Ceará,Brasil). *Estudos Sedimentológicos*, Natal, 1(1):73-81.
- Pye, K. e Tsoar, H. 1990. *Aeolian sand and sand dunes*, UNWIN, HAYMAN, London, 396p.
- Suguio, K., Martin, L., Bittencourt, A.C.S.P., Dominguez, J.M.L., Flexor, J.M. e Azevedo, A E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro - implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira Geociências*. 15(4): 273-286.