

# Mudança de curso do Rio Cocó no paleolítico superior

JOSÉ REGINALDO LIMA VERDE LEAL\*

## 1 Introdução

**N**a evolução do Rio Cocó, do ponto de vista geológico, houve uma mudança de do seu curso. Esta hipótese foi aventada por alguns profissionais das ciências da Terra, sem, contudo, se interessarem em procurar provas convincentes, ou, pelo menos, tentarem enfileirar uma série de evidências, que pudessem sustentar a hipótese e traçar seu antigo curso, que desaguava na Enseada do Mucuripe, onde hoje é a foz do Rio Maceió, passando pela Cidade 2.000 e Hospital Geral, há 40.000 Antes do Presente (A.P.).

Esta idade pertence ao Paleolítico Superior quando começa aparecer o homem atual: *Homo sapiens sapiens*. Também, em termos de indústria da Pré-História, o Musteriano vai cedendo lugar ao Aurignaciano (Camps, 1982)

Nesta pesquisa foram realizados vários estudos e trabalhos com o intuito de identificar o antigo curso e, mesmo sem conseguir provar cabalmente, que, em ciência, na maioria das vezes, é impossível fazê-lo, chegou-se mais longe, na comprovação, do que qualquer outro que tenha, pelo menos, tentado.

A bacia hidrográfica do Rio Cocó situa-se na porção centro-norte do Estado do Ceará, dentro da Região Metropolitana de Fortaleza (Figura 1). Ela é cortada no seu comprimento pelas rodovias estaduais

---

\* Sócio Efetivo do Instituto do Ceará.

CE – 065 e CE – 040, além da BR - 116. Abrange parte dos municípios de Guaiúba, Pacatuba, Maranguape, Maracanaú, Itaitinga, Euzébio, Aquiraz e Fortaleza.

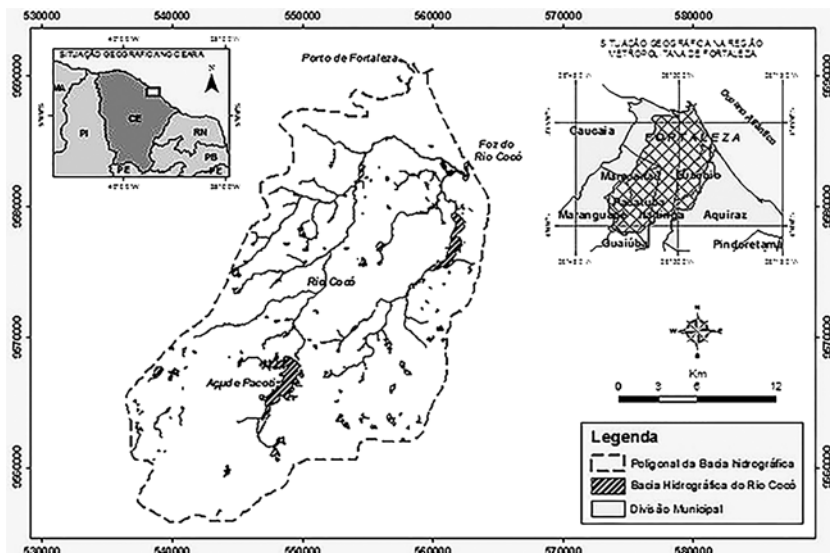


Figura 1 - Mapa de Localização. Fonte: Leal (2009).

## 2 Fisiografia

As nascentes do Rio Cocó se situam na encosta leste da serra da Pacatuba/Aratanha, quando os pequenos riachos se encontram e, tem o nome de Pacatuba. Ao descer a serra, ele se junta ao Rio Gavião, e, dele, leva o nome. Já na planície da Depressão Sertaneja, depois de receber as águas do Riacho Alegrete, da bacia do sistema Pacoti-Riachão, e da barragem do Gavião, ele passa a ser denominado Rio Cocó. Deste ponto, em que suas águas a montante são controladas pelo açude Gavião, ele percorre mais 45,6 quilômetros até atingir o mar, entre Sabiaguaba e a Praia do Futuro. Neste trajeto, ele recebe água de 29 afluentes na margem direita, inclusive o seu principal, que é o Rio Coaçu, e 16 outros, na margem esquerda. É barrado em 15 locais, além de possuir 36 lagoas (Figura 2).

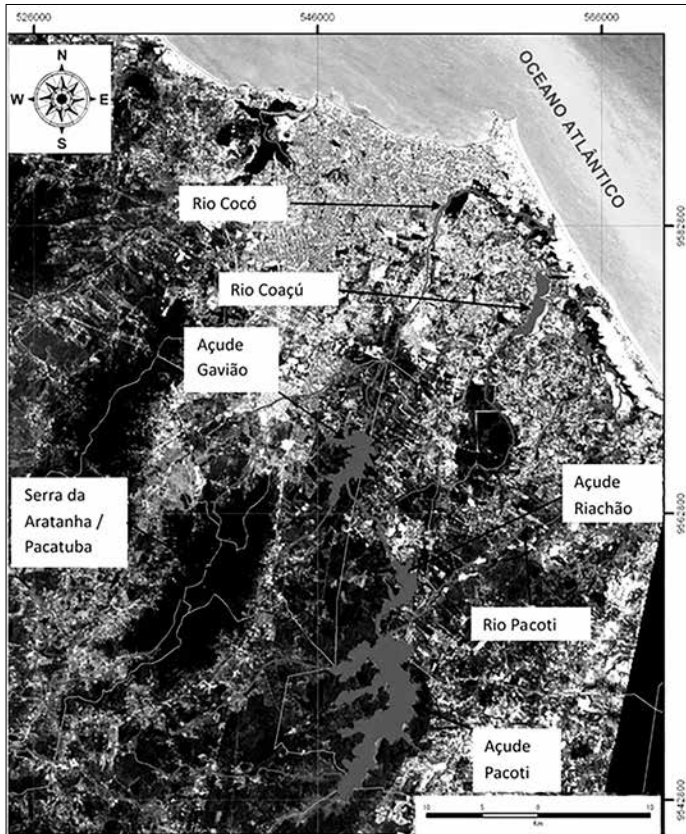


Figura 2 - Imagem LANDSAT 7 mostrando as bacias dos rios Pacoti e Cocó e o sistema Pacoti-Riachão-Gavião. Fonte: Leal (2009)

É um rio cuja bacia de 517 km<sup>2</sup> está restrita à Região Metropolitana de Fortaleza e drena 2/3 da área do município. Tem direção dominante SW-NE, na planície, onde o relevo é arrasado, até desviar-se para NW-SE. Desde sua parte média, o rio recorta terrenos de cota média inferior a quatro metros. Em Sabiaguaba, ao contornar as dunas, ele muda o curso para norte, até desaguar no mar, no limite com a Praia do Futuro.

No trajeto dentro do Parque Ecológico do Cocó (BR 116 até a Foz), antigas salinas foram abandonadas, e nos terrenos mais baixos, que não foram aterrados, houve expansão dos mangues até os limites com os salgados e o canal do rio. As dunas bordejam as duas margens,

principalmente nas proximidades da foz. Porém, na margem esquerda, um alinhamento de paleodunas e dunas fixadas pela vegetação se destacam na morfologia, no entorno da Cidade 2.000.

A planície flúvio-marinha é mais larga quando o Rio Cocó se junta ao seu afluente Coaçu. Daí em diante, o avanço das dunas sobre a margem direita recobre a planície de flúvio-marinha e estrangula o canal. O único testemunho deste mangue é visto em Sabiaguaba, à norte do local, onde estão os pilares da ponte que liga a Praia do Futuro a Sabiaguaba.

O estudo do transporte hidráulico do estuário do Rio Cocó (AUMEF/SDU/GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 1978) revelou uma vazão mínima de 10 m<sup>3</sup>/seg e uma amplitude de maré média de 1,6 metros com período de 12 horas. A profundidade mínima do estuário é de 0,60 m (baixa mar/período seco) e máxima de 2,7 m (pre-amar/período chuvoso), de acordo com o “Atlas do Ceará” (1976, *apud* LABOMAR, 1983).

De acordo com o Plano Diretor de Drenagem da Região Metropolitana de Fortaleza (AUMEF/SPC/GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 1978), tomando por base a produção de deflúvios, a bacia do Rio Cocó pode ser dividida em 3 sub-bacias. A primeira, das nascentes até a barragem do Gavião, que controla o fluxo do rio; a segunda, a jusante do açude, drenada pelo próprio Rio Cocó e Riacho Lameirão, nos limites de Pacatuba e Maracanaú com Fortaleza, e a terceira, que engloba a sub-bacia do Rio Coaçu.

O Rio Cocó tem uma reserva potencial de 128 milhões de metros cúbicos de água por ano. Seu grande potencial hídrico está concentrado no terço superior, quando ele é barrado no Açude Gavião, com capacidade de armazenamento de 54 milhões de metros cúbicos (Brandão, 1998).

### **3 Traçado do paleocurso do Rio Cocó**

A análise dos perfis de 260 furos de sondagem da área da bacia, gentilmente cedidos pela CPRM – Serviço Geológico Brasileiro, e lançamento nos mapas geoambientais da área da bacia hidrográfica, através de suas coordenadas geográficas, permitiram, não somente identificar as unidades geoambientais, recobertas pela atividade antrópica, mas,

principalmente, individualizar o topo da Formação Barreiras, para o traçado da paleosuperfície e identificação do paleovale do antigo curso do rio Cocó, antes da mudança de rumo.

O traçado do possível paleocurso contou com interpretação de fotografias aéreas, onde é possível visualizar as paleodunas e as dunas parabólicas, que poderiam ser responsáveis pelo barramento do Rio Cocó. As imagens de radar permitiram a elaboração de um bloco-diagrama, que mostra a bacia do Rio Cocó e seus dois cursos: antigo e atual.

Os dados dos estudos das causas do assoreamento do Porto do Mucuripe realizado pela PETCON (2000), para Companhia Docas do Ceará, forneceram muitas informações para sugerir o posicionamento da antiga foz do rio Cocó, na enseada do Mucuripe, na altura da Estátua de Iracema.

Os mapas topográficos da PROSPEC S/A (1995) com as ruas de Fortaleza, na escala 1:2000, foram importantes para identificar as ruas e logradouros da cidade e calcular a cota dos furos depois de locados no mapa, pelas coordenadas UTM, já que nos dados dos furos, sistematizados pela CPRM, não constavam estas cotas.

## 4 Dunas costeiras da bacia do Rio Cocó

### Dunas

A Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, define duna como “unidade geomorfológica de constituição predominantemente arenosa, com aparência de cômodo ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação”. Pye & Tsoar (1990) propõem uma definição mais simples para as dunas eólicas, considerando-as como sendo “uma crista ou morro de areia empilhada pelo vento”, e sugerem que, elas, individualmente, podem ter comprimentos de um metro a dezenas de quilômetros, e alturas inferiores a um metro, até mais de 150 metros.

A classificação de dunas simples adotada por LABOMAR-SEMACE (2006) no mapeamento das unidades geoambientais, foi baseada naquela proposta por Pye & Tsoar (1990) e adaptada para abranger apenas os tipos existentes no litoral cearense (Figura 3). É ela que será utilizada neste trabalho, principalmente por basear-se no modo de

acumulação de areias. Nesta classificação, as dunas mais comuns no Estado do Ceará são: barcanas, transversais, *sand sheet*, parabólicas e *hummock*. Porém, no mapeamento das unidades geoambientais foram individualizados apenas as paleodunas, dunas fixadas por vegetação, eolianitos e dunas móveis (LABOMAR-SEMACE, 2006). Na área da bacia do Rio Cocó ocorrem todas estas unidades, exceto os eolianitos.

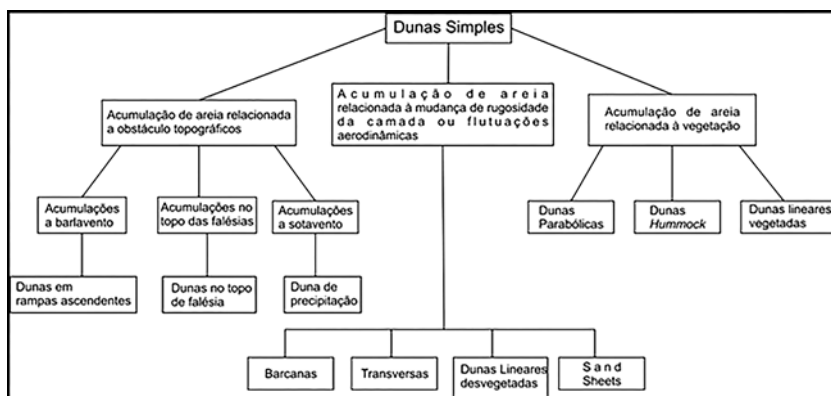


Figura 3 - Classificação de Dunas Simples (Modificada de Pye e Tsoar, 1990).  
Fonte: Maia *et al.* (2005).

### Paleodunas

As paleodunas são definidas pela Lei nº 13.786, de 30 de junho de 2006, como “depósitos eólicos mais antigos, sem forma definida, apresentando na porção superior desenvolvimento de solos. Apresenta cores avermelhadas em função do grau de oxidação do ferro”. Podem ocorrer nos mais variados tipos de litoral. Sua origem depende do tamanho do sedimento, característica do perfil de praia e regime de ventos (Short & Hesp, 1982 e Carter, 1976).

Elas são consideradas as dunas mais antigas do litoral do Estado do Ceará. Seu cimento é limonítico, daí sua coloração vermelha. Normalmente, repousam sobre os sedimentos arenosos da Formação Barreiras, geralmente confundidas com esta formação, devido à coloração avermelhada, mas sua granulometria é mais uniforme, homogênea e fina, graças à seleção dos grãos, pela dinâmica eólica.

São raros seus afloramentos em Fortaleza, principalmente por ser uma areia ideal para construção civil. Boa parte das paleodunas foi mi-

nerada ou está soterrada pelas dunas fixas, dunas móveis, ou encoberta pela ocupação urbana. A mais extensa exposição desta unidade pode ser encontrada entre a Cidade 2.000 e Cidade do Fortal, estendendo-se para sul até o vale do Rio Cocó. O topo plano se situa grosso modo entre as cotas 20 e 25 m (Figura 4). É nesta região que se observam os melhores afloramentos das paleodunas por causa dos antigos barreiros, que eram lavrados para produzir areia para argamassa.

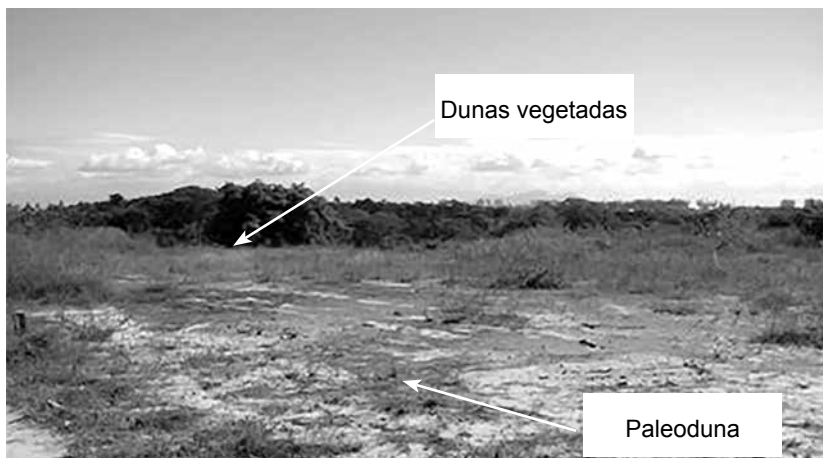


Figura 4 - Paleoduna sobre o arenito Barreiras, com topo plano e recoberta por dunas vegetadas, ao fundo, na Cidade do Fortal. Fonte: Leal (2009).

### **Dunas Fixas**

A vegetação é fundamental na fixação das dunas. Pye & Tsoar (1990) consideram que ela seja principal fator de controle da forma das dunas costeiras, citando como as mais comuns, as dunas *hummock*, parabólicas e lineares vegetadas.

As dunas *hummocks* são montes de areia de forma irregular, com a superfície parcial ou totalmente vegetada, e altura média inferior a 10 metros, embora possam atingir 30 metros. Dentro deste tipo de dunas, Pye & Tsoar (1990) englobaram *hedgehogs*, *shadows dunes*, *coppice dunes*, *nebkas* e *rebdots*. Elas são mais comuns em áreas de erosão eólica, como as planícies de deflação e campos de dunas móveis, em processo de deflação intensa. Pelo tamanho, são difíceis de serem mapeadas, mesmo em escala de semi-detalle.

As dunas parabólicas, dentre as fixadas pela vegetação, são aquelas mais conspícuas nas fotos aéreas, ou imagens de satélite, pela sua forma de parábola, ou mesmo grampo de cabelo (*hairpin*). Em planta, elas têm forma de “V” ou “U”, com os braços laterais apontando o rumo de onde vêm os ventos dominantes. Pye & Tsoar (1990) supõem que esta forma é função da intensidade e variabilidade da direção do vento, fonte e quantidade de areia disponível, além da natureza dos terrenos vegetados, sobre os quais as dunas migram.

Nas fotos aéreas de 1958 é possível observar belos exemplos de dunas parabólicas, entre o Rio Cocó e a Praia do Futuro, na região onde hoje está a Cidade 2.000. Estas dunas se estendem desde a Praia do Futuro, até o alto estrutural da Avenida Sebastião de Abreu. Elas recobrem toda a planície fluvial, entre aquela avenida e a Cidade do Fortal. Tanto na Cidade 2000, quanto na Cidade do Fortal, as dunas fixas (parabólicas) recobrem as paleodunas, numa cota sensivelmente superior a do vale do Rio Cocó e, mesmo, em alguns casos, ao topo da Formação Barreiras (LEAL, 2009).

Como as dunas parabólicas recobrem uma morfologia que era bem acidentada, elas atingem cotas de 30 metros, nas proximidades da Avenida Sebastião de Abreu, 17 metros entre a Cidade 2.000 e a Avenida Santos Dumont, 23 metros na Lagoa do Gengibre, e 30 metros, à norte da Cidade do Fortal, em frente ao lago artificial, atingindo as cotas mais altas, a leste, para o lado da margem esquerda do Rio Cocó, nas proximidades da foz (cota 50 metros). A cota média das cristas das dunas parabólicas é da ordem de 30 a 35 metros (Figura 5).

A feição mais conspícua destas dunas parabólicas quase que totalmente vegetadas é o alinhamento sistemático N70W, que corresponde aos seus braços. À medida que se caminha para leste e norte, estas dunas parabólicas vão dando lugar às dunas móveis da praia do Futuro, muitas vezes recobertas de vegetação pioneira de gramíneas.

### **Campos de dunas móveis**

O avanço do mar sobre o continente vai ocasionar a erosão do litoral, com redistribuição dos sedimentos ao longo das praias. Devido à abundância deste sedimento, parte dele é retirada pelo vento, para formar os campos de dunas e lençóis dunares. Em sua trajetória, rumo ao continente, elas avançam para o interior, até se dissiparem, quando não são fixadas pela vegetação.

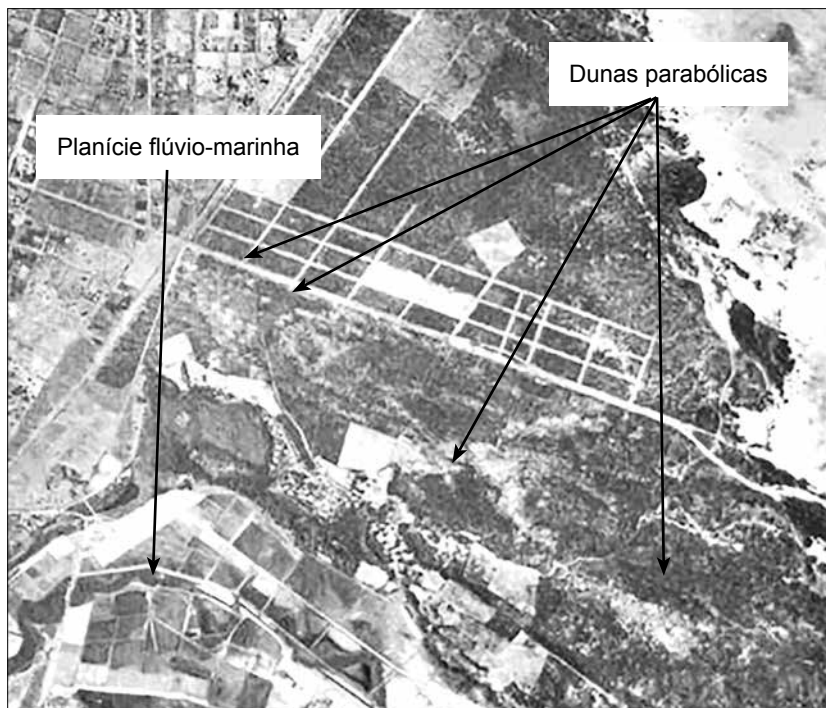


Figura 5 - Foto aérea de 1958 mostrando dunas parabólicas, onde hoje está a Cidade 2.000, até a Avenida Santos Dumont. Na porção SW, aparecem as planícies fluvial e flúvio-marinha do Rio Cocó, onde está hoje o Shopping Center Iguatemi.

Fonte: Leal (2009).

Os lençóis dunares são “áreas de areias predominantemente eólicas com as faces de deslizamento geralmente ausentes” (Kocurek & Nielson, 1986, *apud* Pye & Tsoar, 1990). Tal como as dunas de areia, a granulometria é basicamente areia fina, mas contém também silte e o selecionamento é mais pobre e distribuição bimodal.

As dunas de areia fina se formam devido à rugosidade do terreno ou variações aerodinâmicas (PYE & TSOAR, 1990) e o tipo mais comum no litoral do Ceará é a barcana, que pode ocorrer isolada, como em Jericoacoara, ou formando campos de dunas progressivas, por coalescência.

Eles se formam pelo avanço das areias no sentido do vento sobre o continente, inclusive terrenos vegetados. Podem se estender, em su-

perfície, por vários quilômetros quadrados. O campo de dunas móveis da APA de Canoa Quebrada, por exemplo, tem aproximadamente 1.700 hectares de área superficial e, algumas dunas chegam a avançar 9,3 metros por ano (Leal, 2003).

No limite leste da bacia do Rio Cocó, perto da foz, um grande campo de dunas se inicia em Sabiaguaba e é interrompido apenas pelo canal do rio (Figura 6).



Figura 6 - Dunas avançando sobre leito do rio e o último manguezal da margem direita do Cocó, na ponte de Sabiaguaba. Fonte: Leal (2009).

Além deste campo de dunas de Sabiaguaba, existe aquele da Praia do Futuro, que se estende além da Avenida Santos Dumont, em cujas cristas localizam-se o ponto mais alto de Fortaleza. A maior parte deste campo de dunas, originalmente móveis, está recoberto de construções. Porém, examinando a fotografia aérea de 1968, é possível notar que, na Praia do Futuro, inicia este campo de dunas móveis, prolongando-se continuamente, para oeste, até a Enseada do Mucuripe, quando é interrompido pelo vale do Riacho Maceió, que é o sangradouro da Lagoa do Papicu.

A partir da Varjota, novo campo de dunas volta a aparecer atingindo o ponto máximo no Seminário da Prainha, sendo recortado, mais a oeste, pelo Riacho Pajeú, que constitui outra bacia hidrográfica (Figura 7).



Figura 7 - Fotografia aérea de 1968 mostrando o campo de dunas contínuo, desde a Praia do Futuro, até a Enseada do Mucuripe, e limitado a sudoeste, pelas dunas vegetadas, e o vale do Riacho Maceió, com a Lagoa do Papicú, e o vale do Rio Cocó, a sul. Fonte: Leal (2009).

## 5 Coleta de amostras de areia de dunas e datação dos eventos

Quando os estudos levaram o autor a pensar na possibilidade da calha do Rio Cocó ter sido barrada pelas paleodunas e dunas parabólicas, na região sul da Cidade 2.000, foi preparado um plano para amostragem de um ponto das paleodunas, e três nas dunas parabólicas, para determinação das idades destes períodos de atividade eólica, a fim de se saber a época em que teria começado a mudança de curso do Rio Cocó

e o que ocorreu a partir daí. As amostras foram datadas por termoluminescência opticamente estimulada no Laboratório de Datação LOE e TL, da Datação, Comércio e Prestação de Serviços Limitada, em São Paulo, capital.

Uma amostra coletada numa paleoduna, recoberta por uma duna vegetada parabólica (Figura 8) a sul da Cidade 2000 (coordenadas 560.133 e 9.584.312), depois de datada por termoluminescência opticamente estimulada, revelou uma idade de  $40.000 \pm 4.200$  anos A.P., a mesma daquela de paleoduna estudada por Tsoar *et al.* (2009) em Lagoinha ( $40,85 \pm 4,6$  ka) e bem próxima da amostra, também de paleoduna entre Coité e Pecém ( $37,6 \pm 4,7$  ka).

Nas dunas fixas foram coletadas três amostras entre a Cidade 2.000 e Cidade do Fortal. Uma revelou idade de  $7.300 \pm 840$  anos A.P.(coordenadas 560.134 e 9.544.548), outra  $2.700 \pm 450$  anos A.P. (coordenadas 558.568 e 9.584.898), e, a terceira,  $1.300 \pm 250$  anos A.P. (coordenadas 558.676 e 9.584.960).

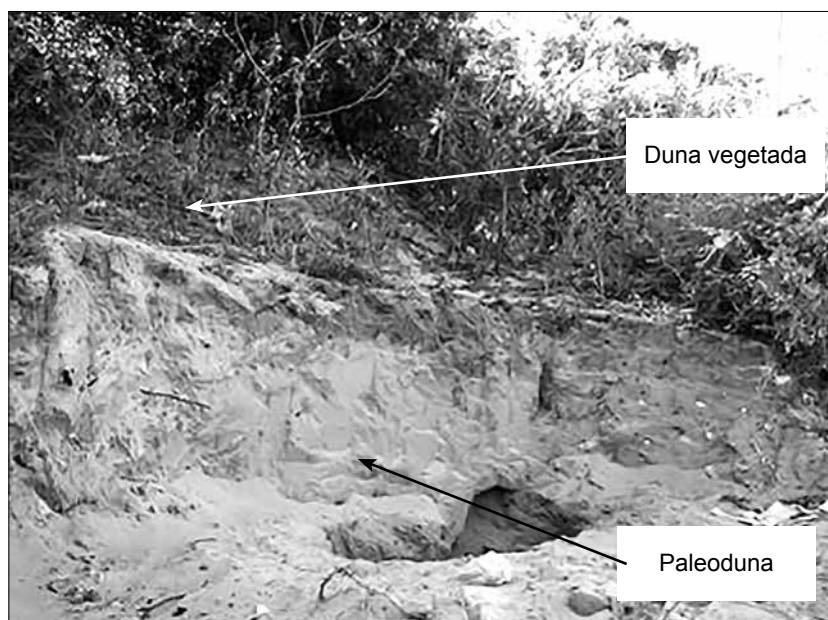


Figura 8 - Detalhe da duna fixa sobre a paleoduna a sul da Cidade 2.000 onde foi colhida uma amostra para datação. Fonte: Leal (2009).

## 6 História geológica da área da bacia do Rio Cocó

Dos 4,6 bilhões de anos de existência da Terra, o Rio Cocó participou dela numa fração muito pequena, mesmo ao comparar-se com a origem da água (>3,8 Ga) ou com a idade (3,5 Ga) das primeiras bactérias (Andrews *et al.*, 1996).

Aplataforma brasileira surgiu apenas nesta época (Paleoarqueano), mas foi estabilizar-se por volta do Ordoviciano Inferior (500-480 Ma). Neste período, a plataforma funcionava como antepaís, sofrendo acresções, até se constituir na zona cratônica do Supercontinente Gondwana, com os cinturões móveis (Ciclo Cariris Velhos), na Província Borborema, no Mesoproterozóico (1050-950 Ma).

Por volta de 0,6 Ga, quando o Ciclo Brasileiro chegou ao final, o Supercontinente Gondwana já estava constituído pela colagem dos crátons Oeste-Africano, Rio de La Plata e Congo-São Francisco (Figura 9) (Hoffman, 1991; Dalziel, 1991; Morais, 1991, *apud* Oliveira, 2008).

Começou então a sedimentação na Plataforma Sul-Americana, no Ordoviciano (488-443 Ma), que foi seguido de arqueamento em sinéclise e sedimentação com superfícies superiores a 500.000 quilômetros quadrados, como a Bacia do Parnaíba. Este período de estabilidade e sedimentação prolongou-se até o Triássico (251-199,6 Ma), pois no Terciário Médio (245-228 Ma) houve nova aglutinação de massas continentais, até formar o Supercontinente Pangea, com um mar interior (Thetis) e uma grande massa de água (Panthalassa) envolvendo este supercontinente, para, logo em seguida, começar a sua partição, com desenvolvimento dos tratos oceânicos Caraibeno, Atlântico Central e Meridional e, finalmente, Atlântico Equatorial. A coalescência destes tratos para formar oceanos, porém, só se deu no Cretáceo (Schobbenhaus e Brito Neves, 2003).

As primeiras separações foram daqueles continentes que se uniram por último. De início, esta separação se deu por rifte (Triássico) e, depois, por proto-oceano (Jurássico Inferior): América do Norte-América do Sul; América do Norte-África; África-Europa e, por último, América do Sul-África (180 Ma.), cujo rifte entre eles se formou no Cretáceo Inferior (145 Ma) e, o proto-oceano, no Cretáceo Médio (99,6 Ma), embora os primeiros movimentos tenham ocorrido no Eomesozóico (Szatmari *et al.*, 1987).

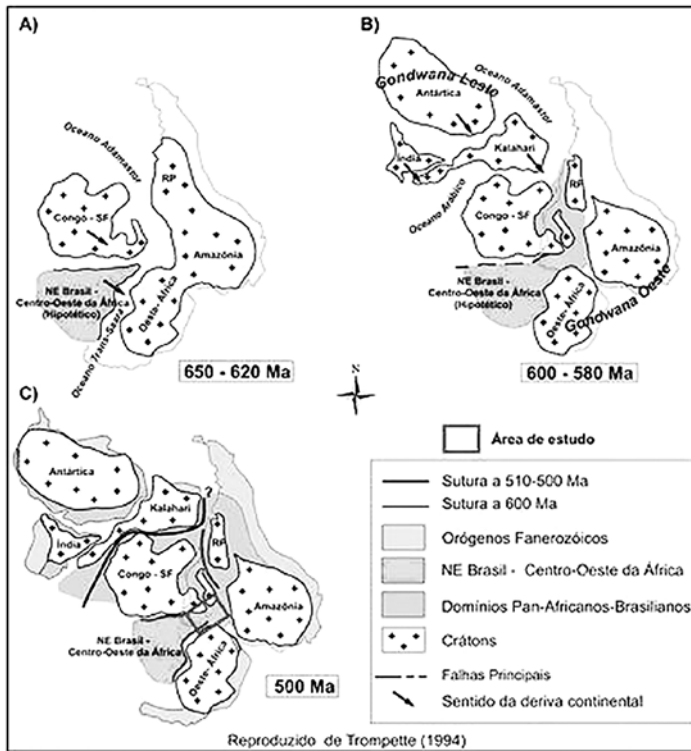


Figura 9 - Estágios de evolução do Gondwana. Fonte: Oliveira (2008).

Esta separação, entre a América do Sul e a África, deu-se em várias etapas, segundo Schobbenhaus & Brito Neves (2003). A primeira, que vai do Triássico Superior (228-199,6 Ma), ao Jurássico (145,5 Ma), com a formação de lagoas e deposição de sedimentos, localmente, seguida de outra fase, depois do Jurássico Superior, com acumulação de bens minerais e a abertura dos três tratos oceânicos, com coalescência dos substratos no início do Cenozóico (pós-Maastrichtiano).

O limite do Paleógeno, com o Neógeno, é marcado por uma discordância basal, que se refletiu por toda a costa brasileira, devido a uma nova regressão no Mioceno Inferior (Schobbenhaus & Brito Neves, 2003). O rebaixamento generalizado de todo o litoral do Brasil foi ocorrer, no Eo-Mioceno e, localmente, no Neo-Oligoceno (Petri & Fúlfaro, 1983, *apud* Schobbenhaus & Brito Neves, 2003).

O Cenozóico do nordeste brasileiro foi marcado por dois vulcanismos, Macau (Souza *et al.*, 2004), nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte e o Vulcanismo Mecejana, que tem como testemunhos diversos *necks* e diques de rochas alcalinas que se sobressaem na topografia, principalmente a sudoeste de Fortaleza (Vandoros & Oliveira, 1968). Sua origem está relacionada ao vulcanismo de Fernando de Noronha e com ele alinhado na direção E-W, e foi interpretado por Almeida *et al.* (1988) e Misuzaki *et al.* (2002) como resultado da translação da Placa da América do Sul sobre um *hot spot*, de idade variando entre 2 e 12 Ma (Almeida *et al.*, 1988).

Outro evento importante do Cenozóico foi o soerguimento do continente Sul-Americano (Peulvast *et al.*, 2008; Oliveira, 2008), cujos testemunhos de sua ascensão são datados do final do Cretáceo, quando um longo período erosivo (Braun, 1974, *apud* Schobbenhaus & Brito Neves, 2003), deu origem à Superfície Sul-Americana de King (1956), no Eoceno (55,8-33,9 Ma) e à Superfície Velhas (King, 1956), no Plio-Pleistoceno (5,3-0,01 Ma). A Depressão Sertaneja desenvolveu-se depois do Cenomaniano, quando um soerguimento crustal ocasionou a erosão da parte voltada para o litoral (Peulvast *et al.*, 2008).

A Formação Barreiras depositou-se no litoral brasileiro, do Pará ao Rio de Janeiro, devido um basculamento que elevou o interior e rebaixou a costa no Neogeno (23-0,01 Ma) (Schobbenhaus & Brito Neves, 2003; Peulvast *et al.*, 2008), que posteriormente foram erodidos pelo avanço do mar formando falésias vivas e mortas no litoral do Ceará. Ao contrário das outras unidades sedimentares da região, os arenitos da Formação Barreiras não formam horizontes uniformes, mas cunhas, segundo Peulvast *et al.* (2008).

Posteriormente (Plioceno Superior), no chamado “estágio Paraguauçu”, os leques aluviais da Formação Barreiras foram recortados pela drenagem, acunhando-os ainda mais. Seu mergulho suave, no sentido do litoral, é atribuído, por Peulvast *et al.* (2008), aos soerguimentos contínuos no interior, que permitiram sua ampla dissecação pelos rios que demandam ao litoral, esculpindo os tabuleiros pré-litorâneos.

Embora a erosão da região tenha se iniciado no Cretáceo Superior, não há nenhuma evidência de que o Rio Cocó tenha atingido o litoral antes do Neógeno (23 – 0,01 M.a.), quando os sedimentos da Formação Barreiras já tinham sido depositados, depois recortados pelos diques e

*necks* do Vulcanismo Mecejana e iniciado seu modelamento pelos rios que corriam para a costa.

O Rio Cocó nasce no vale mais elevado da serra da Aratanha/Pacatuba (maciço residual). Este vale tem sentido, grosso modo, N-S, e paralelo ao limite leste (barlavento) da serra da Aratanha (Figura 10).

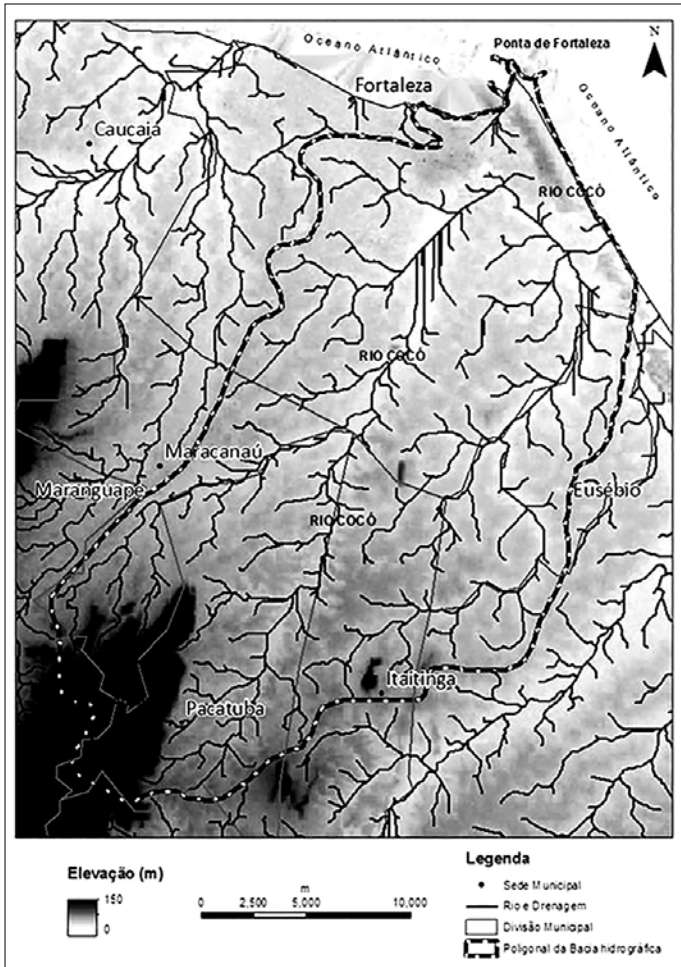


Figura 10 - Mapa morfológico da bacia da imagem de radar sem adoçamento dos contornos, mostrando os Maciços Residuais, transição para Depressão Sertaneja, Tabuleiros e Vales. Fonte: Leal (2009).

## 7 Evidências da mudança de curso do Rio Cocó

A hipótese mais provável da mudança de curso do Rio Cocó é que o antigo talvez passava a sul de onde hoje se situa a Cidade 2.000, sendo seu leito fechado por sedimentos eólicos (atuais paleodunas e dunas parabólicas), tendo então o Rio Cocó capturado um afluente da margem esquerda do Rio Coaçú, desaguando entre Sabiaguaba e a Praia do Futuro. As evidências são várias:

I - Os rios Cocó e Coaçú formam dois sistemas hidrográficos independentes, como se fossem duas bacias distintas, com mesma orientação (paralelas), porém, originalmente, sem ligação uma com a outra.

As imagens de satélite e mapas da drenagem da bacia do Rio Cocó (Figuras 2, 10 e 11) mostram claramente a independência dos dois sistemas de drenagem (Cocó e Coaçú). Eles têm como divisor de água a região central da bacia, balizada pelo morro do Ancuri e, com aproximadamente quase a mesma extensão (Coaçú ligeiramente inferior). O paralelismo é marcante entre os dois trajetos, principalmente nos altos e médios cursos, em que eles se encaixam, grosseiramente, nas estruturas Brazilianas, de direção N20°E. No baixo curso, são os vales ESE-WNW que dominam, nas duas bacias. Inclusive o Cocó, ao ser barrado pelos sedimentos eólicos, capturando o afluente do Coaçú, ele toma esta mesma direção, que é a direção das dunas parabólicas, como se pode observar no Mapa das Unidades Geoambientais (Figura 11) (Leal, 2009).

II - O alto estrutural do cruzamento da Avenida Sebastião de Abreu com a Avenida Padre Antônio Tomaz (cota de 30 metros) é separado da Cidade do Fortal (cota de 23 metros, no platô, e 35 metros no topo das dunas, que o circundam) por um largo vale, na altura onde hoje está a Cidade 2.000 (12 metros, a cota mais baixa).

No bloco diagrama da bacia do Rio Cocó elaborado a partir de dados de cotas das imagens de radar, com espaçamento de 90 metros (Figura 12), é possível identificar o antigo vale do Rio Cocó, antes da mudança de curso. Nele é nítido o condicionamento estrutural nas fraturas



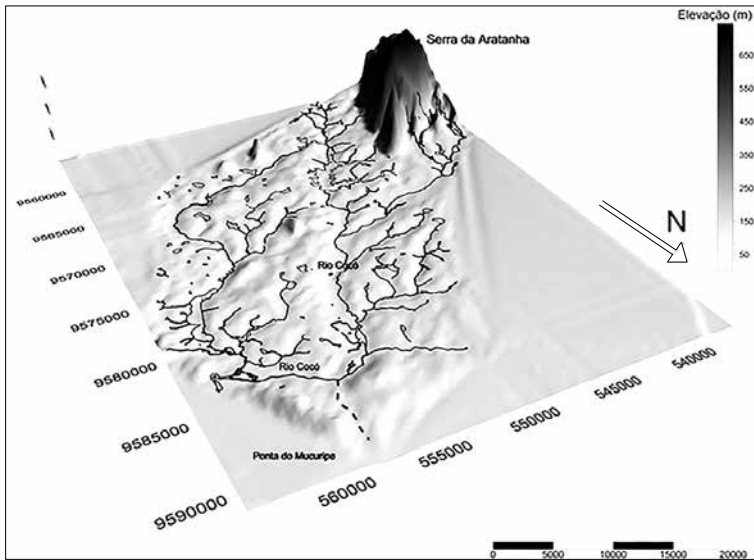


Figura 12 – Bloco diagrama, a partir das cotas de imagem de radar, mostrando o curso antigo e atual do Rio Cocó. Fonte: Leal (2009).

Dos poços perfurados para água, e catalogados pela CPRM (Figura 13) foi possível elaborar outro mapa topográfico da superfície da Formação Barreiras, na época em que ela foi recoberta pelas areias eólicas, que barraram o curso do Rio Cocó. No mapa (Figura 14), ao valor da cota da boca de cada furo, foi subtraída a espessura dos sedimentos, que recobriam os arenitos médios da Formação Barreira. Esta cota resultante seria a altitude do topo da Formação Barreiras daquela época, referente ao nível atual do mar. Por isso, tem valores de cotas negativos. É evidente que estes valores não são tão precisos, pois embora os valores das cotas das bocas dos furos tenham precisão de um metro, os contatos não são tão bem marcados, visto que o interesse maior dos sondadores era saber a profundidade dos níveis de água e não dos contatos geológicos.

No que pese a dificuldade de caracterização do topo da Formação Barreiras, pela má descrição das amostras de calha dos furos de sondagem, um paleovale pode ser identificado seguindo a trajetória marcada pelos furos 120 (cota 0 m), 213 (cota 0 m), 233 (cota -1 m), 58 (cota -2 m), 73 (cota -7 m), 93 (cota -6 m), 97 (cota -6 m), 95 (cota -9 m), 61 (cota -9 m) e 182 (cota -10 m).

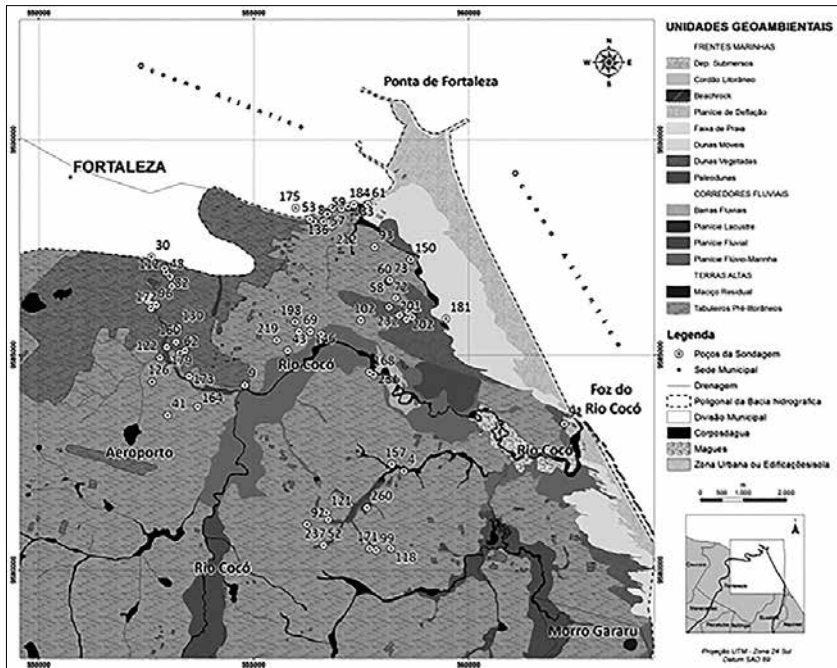


Figura 13 - Mapa de localização dos furos de sondagem catalogados pela CPRM. Fonte: Leal (2009).

A foz estaria limitada, na margem direita pela rocha cristalina do embasamento que está na cota -1m (Furo 36). Na margem esquerda, os recifes de arenito ferruginoso da Formação Barreiras (Fácies Camocim), que hoje estão no nível do mar atual (cota 0m), seria o limite oeste da boca.

A figura 14 é a representação, a partir de curvas de nível, da superfície do topo da Formação Barreiras, cujos valores das cotas foram calculados a partir de quase 140 furos de sondagem para água, catalogados pela CRPM, com os respectivos perfis litológicos.

Uma análise mais detalhada nos furos de sondagem que la-deiam a calha do paleocurso permite comprovar que as margens fi-cavam bem acima do paleovale. Por exemplo, furos 181 (cota 7 m), 240 (cota 5 m), 202 (cota 9 m), 201 (cota 7m), 232 (cota 8 m), 150 (cota 6 m) 103 (cota 4 m), 104 (cota 4 m) e 108 (cota 11 m).

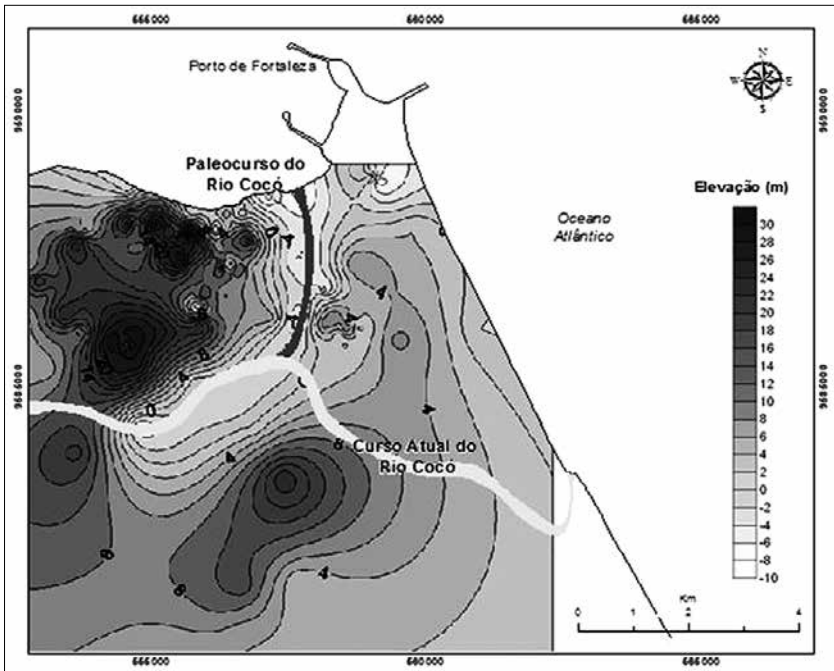


Figura 14 – Superfície do paleorelevo da Formação Barreiras mostrando os vales e os talwegues do Rio Cocó antes e depois da mudança de curso. Fonte: Leal (2009).

No mapa com as curvas de nível do topo da Formação Barreiras, superpostas a uma imagem de satélite (Figura 15), pode-se observar a interpretação do antigo curso do rio Cocó, contornando o alto estrutural do cruzamento das avenidas Sebastião de Abreu e Padre Antônio Tomaz, entraria no vale que hoje corresponde à Cidade 2.000, que, há 40.000 anos, começou a ser barrado, inicialmente pelas paleodunas e, depois recoberto pelas dunas parabólicas, em pelo menos três episódios ( $7.300 \pm 840$  anos;  $2.700 \pm 450$  anos e  $1.300 \pm 250$  anos A.P.). Depois, passaria pelos locais dos furos, 120, 213, 233, 58, 73, 93, 97, 95, 61 e 182, até encontrar o curso do atual Riacho Maceió, na altura da Avenida Abolição, e desembocar na Enseada do Mucuripe, em frente à Estátua de Iracema.

Vários eventos no Nordeste do Brasil, ligados à glaciação, oscilação do nível do mar, pluviosidade e sedimentação ocorreram neste intervalo de tempo, como comprovam estudos realizados por vários au-

tores na região. As paleodunas têm aproximadamente a mesma idade do evento Heinrich H4, no Atlântico Norte, que corresponde às últimas fases do período pluvial glacial, com duração de  $700 \pm 400$  anos, de 39,6 a 39,9 mil anos atrás, segundo medidas de crescimento das fases de estalagmites, coletadas nos carbonatos pré-cambrianos das cavernas de Una, no norte da Bahia (Wang *et al.*, 2004).

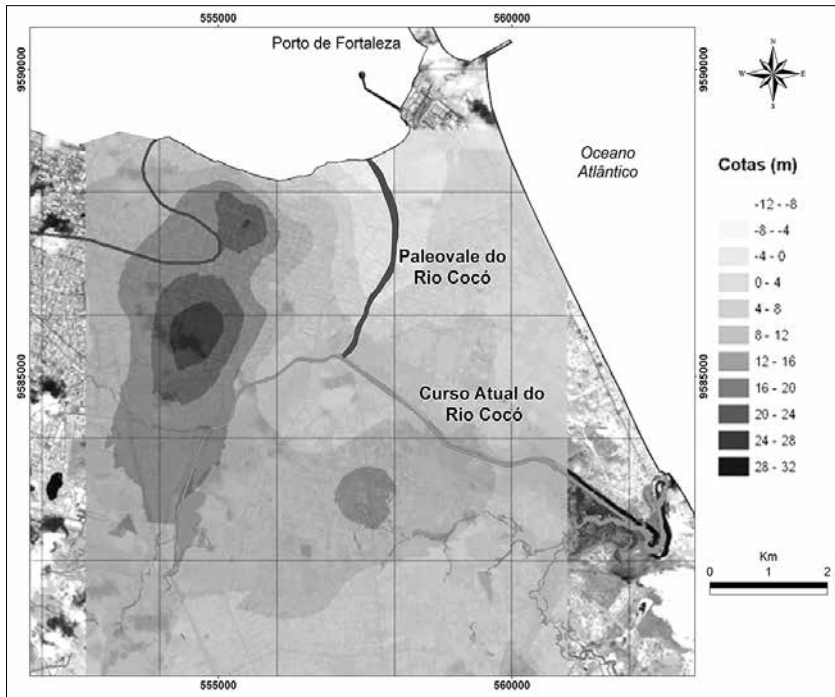


Figura 15 - Mapa do topo da Formação Barreira na época da mudança de curso do Rio Cocó, sobre uma imagem de satélite, mostrando o paleovale com o curso antigo. Fonte: Leal (2009).

Segundo eles, os pulsos terrígenos encontrados em testemunhos de sondagem no ponto de coordenadas geográficas  $3^{\circ}40'$  de latitude Sul e  $37^{\circ}43'$  de longitude Oeste, 767 b.s.l., situado 90 km a leste de Fortaleza, Ceará, no talude continental superior, com uma lâmina d'água de 767 metros, em março de 1995. (GeoB 3104-1) e estudados por Arz *et al.* (1998) e Behling *et al.*, 2000). Estes testemunhos representam eventos de aumento de precipitação pluviométrica,

que levaria a um incremento da taxa de sedimentação terrígena da linha de costa para o mar.

De acordo com os estudos de Behling *et al.* (2000), o testemunho GeoB 3104-1 representa sedimentação dos depósitos marinhos desde a Última Glaciação, até o Holoceno, sem perturbação, e continuamente. O sedimento normalmente é composto de nanofóssil de foraminíferos (teor de carbonato de 40 a 70% em peso) com aumentos episódicos de argilas terrígenas de origem fluvial que coincide com curtos períodos glaciais de altas concentrações de polens e esporos correspondentes a 40.000, 33.000 e 24.000 anos A.P. e entre 15.500 e 11.800 anos A.P. A glaciação é responsável pelo rebaixamento do nível do mar e pelo aporte de sedimentos dos rios para a costa, nos períodos de chuvas torrenciais.

Neste período, os isótopos de oxigênio são na maioria das vezes negativos, e foram interpretados como sendo devido ao aumento da temperatura da superfície do mar. Arz *et al.* (1998) sugerem ainda que nestes períodos houve um aumento na mistura da coluna superior da água, acompanhada pela intensificação dos ventos alísios SE, favorecendo a formação de dunas no litoral. O crescimento da *Selaginella* em solos úmidos pode ser usado como um indicador de distúrbios, devido à erosão durante períodos de chuvas fortes. Também alta percentagem de esporos de *Selaginella* sugere a forte precipitação há 40.000, 33.000, 24.000 anos A.P., sob condições gerais de clima seco (Behling *et al.*, 2000).

Em resumo, os dados de polens marinhos indicam a ocorrência de vegetação de caatinga no Nordeste do Brasil durante a parte registrada da Última Glaciação e o período Holoceno Inferior (42.000- 8.500 anos A.P.), refletindo a maioria das condições do período semiárido. O aumento do transporte do material terrígeno para o Oceano Atlântico, que contém altas concentrações de pólen e, principalmente de esporos de samambaia, durante um intervalo de tempo relativamente curto, por volta de 40.000, 33.000 e 24.000 anos A.P. indicam períodos de precipitação mais elevada. O clima mais úmido encontrado foi de 15.500 a 11.800 anos A.P.

Oliveira *et al.* (1999) estudando amostras de um testemunho de sondagem de 3,29 metros de comprimento, do vale do Rio Icatu, entre Barra e Pilão Arcado, na Bahia, dentro do sistema de dunas estabilizadas, cuja base é datada de  $10.900 \pm 80$  anos A.P., encontrou para a Zona AS 2, idades entre 8.910 e 6.798 anos A.P. período em que mostra

um progressivo declínio na taxa de floresta e gradual aumento na taxa de cerrado e catinga na paisagem.

Bezerra *et al.* (2003) analisando as oscilações do litoral do Rio Grande do Norte no Holoceno, identificaram um rápido soerguimento do nível do mar, entre 7.100 e 5.800 anos A.P. Há 5.000 anos A.P. a elevação ficou entre 2,5 e 4,0 metros, baixando rapidamente depois. A nova elevação somente voltaria a ocorrer entre 2.100 e 1.100 anos A.P.

No baixo curso do Rio Cocó, no mapa da superfície do topo da Formação Barreiras (Figuras 14 e 15) é possível visualizar dois vales. O antigo que segue para enseada do Mucuripe e o curso atual. A mudança do seu curso se deveu à deposição de areias eólicas (paleodunas atuais) no seu leito, barrando e fazendo com que ele capturasse um afluente da margem esquerda do Rio Coaçú, e, por seu maior volume, transformasse este rio em seu principal afluente, da margem direita. A deposição das areias eólicas, para formar as paleodunas, data de 40.000 anos A.P. e marca a idade do início desta mudança de curso do Rio Cocó. Nesta época, o nível do mar estaria 10 a 12 metros abaixo do nível atual e a plataforma emersa teria servido de área fonte destes sedimentos eólicos.

Depois de um período de erosão, em que as dunas se estabilizaram por causa do cimento ferruginoso, e tiveram o topo erodido, com desenvolvimento de solo e perderam a forma de cômodo e transformando-se em paleodunas. Por volta de  $7.300 \pm 840$  anos A.P. começou nova sedimentação de areias eólicas a norte do vale do Rio Cocó na altura da Avenida Santos Dumont e Cidade 2.000 que foram sendo fixadas pela vegetação, dando origem a dunas parabólicas. Este processo de estabilização se deu em várias etapas.

A estabilização das dunas parabólicas, pela idade calculada por termoluminescência, teria iniciado na regressão, antes da Última Transgressão, que ocorreu há 5.100 anos A. P., mas teria ainda dois episódios de recorrência, sendo o último há  $1.300 \pm 250$  anos. O processo de fixação de dunas por vegetação, porém, continua até hoje, quando ficou provado que, de 1958 até 2005 a superfície de dunas vegetadas da bacia do rio Cocó dobrou (390,32 para 792,80 ha) (Leal, 2009).

A última geração de dunas vegetadas datadas por Leal (2009), e coletadas entre a Cidade 2.000 e Cidade do Fortal, tem a mesma idade (1.300 anos A.P) dos *beachrocks* da foz do Rio Cocó, determinada por Claudino Sales (2002).



Nesta mesma região, os trabalhos de pesquisa mostraram a existência de *beachrocks* (G.S.S. Freire, comunicação pessoal, 2006), que, tipicamente se formam na praia, em frente à foz dos rios, que deságuam no mar.

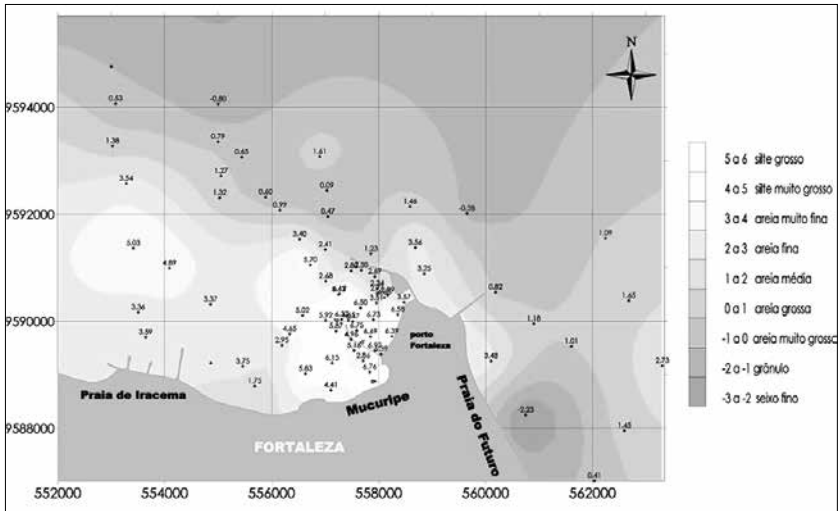


Figura 17 - Mapa de Distribuição do tamanho médio dos sedimentos na Enseada do Mucuripe. Fonte: PETCON-DOCAS DO CEARÁ (2000).

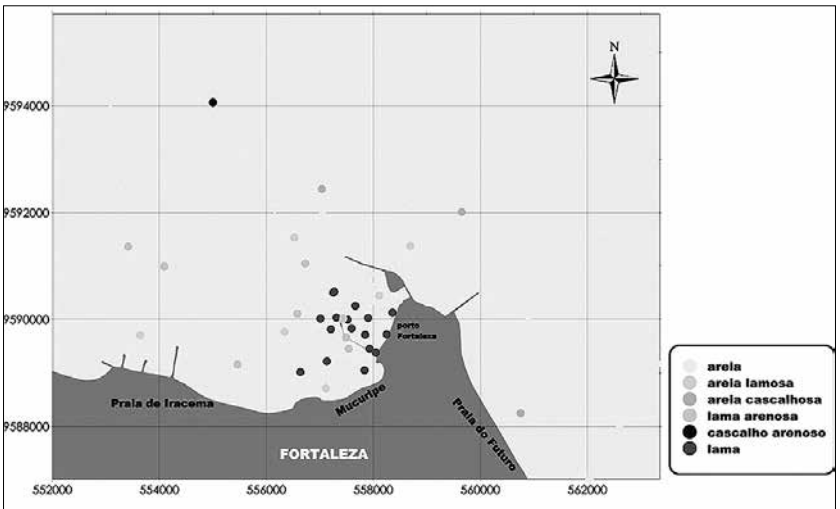


Figura 18 - Mapa de distribuição textural da Enseada do Mucuripe. Fonte: PETCON-DOCAS DO CEARÁ (2000).

É possível, mesmo, que a boca original do rio fosse um pouco mais para leste, na altura do cais do porto, e tivesse sido empurrada pela dinâmica eólica. Porém o limite leste seria o quartzito, que aflora na praia entre o Titanzinho e a Praia do Futuro. A amostragem e análise do material em suspensão (MS) revelaram que as maiores concentrações foram verificadas na bacia de evolução do porto e na bacia da Enseada do Mucuripe (Figura 19).

Quando se trata da matéria orgânica, os estudos mostraram valores elevados, com valores médios situados entre 30% e 70% em diversos pontos, com distribuição paralela ao material em suspensão.

A concentração de finos sedimentados, material em suspensão e matéria orgânica, na área da Enseada do Mucuripe, poderia ser interpretada como sendo devido ao material transportado pelo Rio Cocó, quando desaguava neste local. Seria possível alegar, no entanto, que este material mais fino sedimentado teria sido transportado em suspensão e depositado na enseada, onde as águas seriam mais calmas. Isso, se as correntes transportassem o sedimento e matéria orgânica para lá.

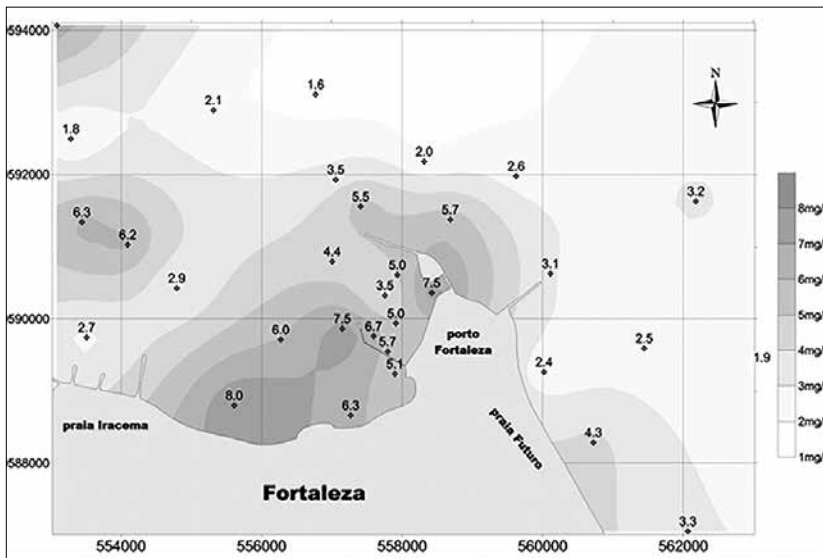


Figura 19 - Mapa da distribuição dos teores de material em suspensão (mg/L) ao longo da área de estudo. Fonte: PETCON-DOCAS DO CEARÁ (2000).

Porém, o estudo de correntes realizados com traçadores de Rodamina-B mostraram que as massas de água superficiais se deslocam para fora da enseada, obedecendo ao sentido dos ventos dominantes que condicionava o fluxo da água, seguindo o rumo NW (Figura 20).

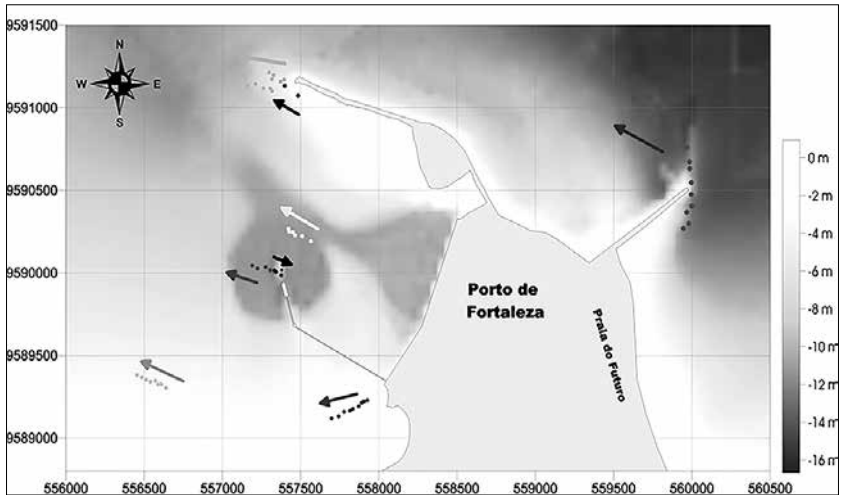


Figura 20 - Mapa com as direções de deslocamento das manchas de Rodamina em todos os pontos lançados durante os dias 29, 30/10 e 05/11/1999. Fonte: PETCON-DOCAS DO CEARÁ (2000).

Um lance de vista nas fotos aéreas permite observar o intenso transporte de areias das dunas do Mucuripe para a enseada (Figuras 7 e 21), que deveria aumentar ainda mais a percentagem de areia na área da enseada. No entanto o que se verificou foi o domínio de sedimentos finos no local, provavelmente proveniente de um aporte através de um curso d'água, seguramente, um pouco mais potente que o riacho Maceió.

IV - A dinâmica costeira predominantemente de leste para oeste tenderia a levar a desembocadura do rio Cocó para oeste, e não para leste, como ocorreu.

Os grandes rios no Ceará, que atingem o litoral, têm suas bocas deslocadas para o oeste, pela dinâmica costeira, não só devido a deriva litorânea, mas principalmente por conta dos ventos alísios, que são predominantemente ESSE, e sopram todo o ano nesta direção. Assim, por

exemplo, o Rio Jaguaribe desaguava entre Fontainha e Quixaba, hoje sua foz situa-se em Fortim, quase 30 quilômetros mais a oeste (Leal, 2003). O Rio Pacoti, chega às proximidades do litoral encaixado numa estrutura N20°E, que, se prolongada, sairia na Prainha. No entanto, sua foz se deslocou quase 10 quilômetros para oeste (Praia da Cofeco).



Figura 21 - Fotografia aérea de 1972, mostrando o sedimento eólico transportado das dunas do Mucuripe para o fundo da enseada, na altura do porto. Parte da areia foi retirada para construção do estacionamento do porto e acesso para a Praia do Futuro. Fonte: Leal (2009).

O Rio Cocó, no entanto, não segue este mecanismo, desviando-se para leste, no sentido contrário ao das correntes marinhas e dos ventos dominantes. Na última volta que ele dá, depois da confluência

com o Rio Coaçu, antes de desaguar no mar entre Sabiaguaba e Praia do Futuro, é possível se observar, na margem direita, um mangue soterrado e recortado no canal do rio, mostrando que o curso do Coaçu era mais para leste, sendo depois empurrado pelo avanço das dunas móveis de Sabiaguaba (Figuras 2 e 6).

V - São as direções preferenciais das dunas parabólicas, que condicionam a orientação dos vales dos rios recortando os tabuleiros da Formação Barreiras. Esta dinâmica eólica foi a responsável pelo barramento e desvio do curso original do Rio Cocó.

O mapa das unidades geoambientais (Figura 11) mostra o paralelismo dos vales que recortam os tabuleiros pré-litorâneos, instalados sobre os sedimentos da Formação Barreiras, mantidos independentes, mesmo da bacia hidrográfica, tais como os riachos da porção central de Fortaleza (Pajeú e Aguanhambi e Maceió), os afluentes do Coaçu, como o riacho da Lagoa da Sapiranga e, ele próprio, depois da Lagoa da Precabura, ou o Cocó (sul da Cidade 2.000 até a última curva em Sabiaguaba), e seus afluentes, mais a sul.

Esta direção dos vales é também paralela aos flancos das dunas parabólicas, tanto no limite leste da bacia, quanto na Cidade 2.000. Portanto, excetuando a direção N20°E, herdada do Ciclo Brasileiro, a direção mais conspícua dos vales, que cortam os tabuleiros, é aquela do alongamento das dunas e flancos das dunas parabólicas e coincide com a direção dos ventos dominantes ESE.

VI – A estrutura N20°E onde está encaixado o Rio Cocó, depois que penetra na depressão Sertaneja, limita alto do embasamento, com formação de um gráben na área percorrida pelo antigo leito.

Uma análise dos 260 poços realizados no baixo curso do Rio Cocó, mostra que os furos de sondagem para água, que atingiram rochas do embasamento cristalino, estão restritos ao lado oeste do alinhamento N20°E e a sul do trecho que ele tem direção quase E-W (Figura 13). Assim, a porção a norte do Cocó, que englobaria a Cidade 2000, Cidade do Fortal, Dunas da Avenida Santos Dumont, Fábrica de Asfalto do Mucuripe, Praia do Futuro e Sabiaguaba, constituiria um gráben, que poderia ser a continuação do Gráben de Mecejana.

O limite oeste deste gráben, em superfície, estaria marcado pelo embasamento cristalino em contato com a laterita e o arenito Barreiras, na Avenida Sebastião de Abreu, quase esquina com a Avenida Padre Antônio Tomaz e, o quartzito que aflora entre o limite oeste da Praia do Futuro e a Praia Mansa (Figura 11).

Por outro lado, não foi possível encontrar registros da passagem do paleocurso do Rio Cocó, a leste da Ponta do Mucuripe. A boca do Rio Cocó, como já visto acima, estaria condicionada entre o píer do Porto do Mucuripe e os recifes de arenito ferruginoso da Formação Barreiras, na Volta da Jurema.

Assim, o curso do Rio Cocó é condicionado, grosso modo, pela estrutura brasileira N20E, ao atravessar as rochas cristalinas da Depressão Sertaneja e, no ambiente sedimentar da Formação Barreiras, estaria confinado ao gráben que seria, possivelmente, a continuação do gráben de Mecejana, sem ter necessariamente um controle estrutural marcante, dentro deste gráben, já que seu paleocurso seria bem mais a leste do limite ocidental do referido gráben.

Ao abandonar o controle do fraturamento brasileiro no cristalino, de direção N20E, para penetrar no gráben, ele teria se deslocado para leste, passando por onde hoje é a Cidade 2.000, Hospital Geral (Furo 73), Avenida Engenheiro Santana Junior, na altura do cruzamento com a Avenida Alberto Sá (Furos 93 e 97), e da Rua Delmiro Gouveia, com o prolongamento da Avenida Antônio Justa (Furo 95), encontrando o Riacho Maceió, na Avenida Abolição, seguindo seu trajeto até a boca, em frente à Estátua de Iracema.

## 8 Conclusões

No baixo curso do Rio Cocó, no mapa da superfície do topo da Formação Barreiras é possível visualizar dois vales. O antigo que segue para Enseada do Mucuripe, e o curso atual. A mudança do seu curso se deveu à deposição de areias eólicas (paleodunas atuais) no seu leito, barrando e fazendo com que ele capturasse um afluente da margem esquerda do Rio Coaçú, e, por seu maior volume, transformasse este rio em seu principal afluente, da margem direita. A deposição das areias eólicas, para formar as paleodunas, data de 40.000 anos A.P. e marca a idade do início desta mudança de curso do Rio Cocó. Nesta época, o

nível do mar estaria 10 a 12 metros abaixo do nível atual e a plataforma emersa teria servido de área fonte destes sedimentos eólicos.

Depois de um período de erosão, em que as dunas se estabilizaram por causa do cimento ferruginoso, tiveram o topo erodido, com desenvolvimento de solo, perdendo a forma de cômoro e transformadas em paleodunas. Por volta de  $7.300 \pm 840$  anos A.P. começou nova sedimentação de areias eólicas a norte do vale do Rio Cocó na altura da Avenida Santos Dumont e Cidade 2000 que foram sendo fixadas pela vegetação dando origem às dunas parabólicas. Este processo de estabilização se deu em várias etapas.

A estabilização das dunas parabólicas, pela idade calculada por termoluminescência, teria iniciado na regressão, antes da Última Transgressão, que ocorreu há 5.100 anos A. P., mas teria ainda dois episódios de recorrência, sendo o último há  $1.300 \pm 250$  anos. O processo de fixação de dunas por vegetação, porém, continua até hoje, quando ficou provado que, de 1958 até 2005 a superfície de dunas vegetadas da bacia do rio Cocó dobrou (390,32 para 792,80 ha).

O antigo curso passaria por onde hoje é a Cidade 2.000, Hospital Geral (Furo 73), Avenida Engenheiro Santana Junior, na altura do cruzamento com a Avenida Alberto Sá (Furos 93 e 97), e da Rua Delmiro Gouveia, com o prolongamento da Avenida Antônio Justa (Furo 95), encontrando o Riacho Maceió na Avenida Abolição, recoberto pelo asfalto, seguindo seu trajeto até a boca, em frente à Estátua de Iracema.

## Referências bibliográficas

ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R.; MACHADO Jr, D.L.; DEHIRA, L.K. – 1988 – *Magmatismo Pós-Paleozóico no Nordeste Oriental do Brasil*. Revista Brasileira de Geociências 18 (4). 451-456.

ANDREWS, J.E.; BRINBLECOMBE, P; JICKELLS, T.D.; LISS, P.S. – 1996 - *An Introduction to Enviromental Chemistry*, Blackwell Science Ltd, Norwich.

ARZ, H.W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. – 1998 – *Correlated milenial-scale changes in surface hydrography and terrigenous sediment yeld inferred from last-glacial marine deposits of northeastern Brasil*. Quaternary Reserarch 50,157-166.

AUMEF/SDU – 1978 – *Plano Diretor de Drenagem da Região Metropolitana de Fortaleza*. SOC/Governo do Estado do Ceará. Fortaleza, Inédito, 565 p.

BEHLING, H.; ARZ, H.W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. – 2000 – *Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-I*, Quaternary Science Review 19, 981-994, Pergamon Elsevier Science Ltd.

BRANDÃO, R.L. - 1998 - *Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza (Sistema de Informações Para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto Sinfor - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM*.

CAMPS, G. – 1982 – *La Préhistoire*. Librairie Académique Perrin, 463 p, Paris, France.

CARTER, R.W.G. - 1976 – *Formation, maintenance and geomorphological significance of an eolian Shell pavement*. Journal sediment. Petrol., 46, 418-429.

CLAUDINO SALES, V., 2002. *Evolution géomorphologique de la zone côtière de Ceará (Nord-est du Brésil): du long terme au court terme*. Ph.D. thesis, Univ. Paris IV.

LABOMAR – Instituto de Ciências do Mar – 1983 – *Estudos bioecológicos e de produtividade de espécies no Estuário do Rio Cocó (Fortaleza – CE)*. Relatório referente ao ano de 1983. UFC, Fortaleza, 56 p.

LABOMAR-SEMACE – 2006 - *Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará (Zona Costeira)*. Elaborado pelo Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR e publicado pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE, Fortaleza. 150 p.

LEAL, J.R.L.V. – 2003 – *Zoneamento Geoambiental da Área de Proteção Ambiental de Canoa Quebrada – Aracati-Ceará*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, 178 p, Fortaleza.

LEAL, J.R.L.V. – 2009 – *Estudo da evolução do Rio Cocó para deter-*

*minação de sua capacidade de suporte e proposta de recuperação*. Tese de Doutorado, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, 221 p, Recife.

MIZUSAKI, A.M.P.; TOMAZ-FILHO, A.; MILANI, P. e CÉSERO, P. 2002 – *Mesozoic and Cenozoic igneous activity and its tectonic control in Northeastern Brazil*: journal of South American Earth Sciences. 15: 183-198.

OLIVEIRA, P.E.; BARRETO, A.M.F.; SUGUIO, K. – 1999 – *Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fóssil dunes of the middle São Francisco River*. PALAEO, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 152 p 319-337. Elsevier Science B.V.

OLIVEIRA, R.G. – 2008 – *Arcabouço Geofísico, Isostasia e Causas do magmatismo Cenozóico da Província Borborema e sua Margem Continental (Nordeste do Brasil)*. Tese de Doutorado na UFRN, Natal, 411 p.

PETCOM – Planejamento, Engenharia, Transporte e Consultoria Ltda. - 2000 – *Estudo Objetivando Definir as Causas do Assoreamento do Porto de Fortaleza*. Relatório Final. Fortaleza. Inédito.

PEULVAST, J.P.; CLAUDINO SALES, V.; BÉTARD, F.; GUNNELL, Y. – 2008 – *Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian Northeast: Implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin*. Science I.B.Direct, Global and Planetary Changes 62 (2008), 39-60. Elsevier B.V.

PROSPEC S/A – 1995 – *Levantamento Aerofotogramétrico Digital de Fortaleza, Escala 1: 2.000*. Fortaleza.

PYE, K, & TSOAR, H. – 1990 – *Aeolian Sand and Sand Dunes*, Unwin Hyman, London, 396 pp.

SCHOBHENHAUS, C. & BRITO NEVES, B.B. – 2003 – *A Geologia do Brasil no Contexto da Plataforma Sul-Americana*. In: *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. L.A. BIZZI; C. Schobbenhaus; R.M. Vidotti; e J.H. Gonçalves (edts). CPRM, Brasília. P 2-25

SHORT, A.D. & HESP, P.A. – 1982 – *Wave, beach, dune interations in S.E. Australia*. Mar. Geol., 48, 259-284.

SZATMARI, P.; FRANCOLIM, J.B.L.; ZANOTTO, O.; WOLFF, S. – 1987 – Evolução Tectônica da Margem Equatorial Brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (2): 180-188.

TSOAR, H.; LEVIN, N.; POTAT, N.; MAIA, L.P.; HERMANN, H.J.; TATUMI, S.H.; CLAUDINO SALES, V – 2009 – *The effect of climate change on the mobility and stability of coastal sand dunes in Ceará State (NE Brazil)*. Quaternary Reserch, volume 71, number 2, Editors Derek B. Booth e Alan R. Gillespie. Elsevier, p. 217-226.

VANDOROS, P. & OLIVEIRA, M. A. F. – 1968 – Sobre o fonolito de Mecejana. *Academia Brasileira de Ciências*, 40 (2), p. 203-206.

WANG, X.; AULER, A.S.; EDWARDS, R.L.; CHENG, H.; CRISTALLI, P.S.; SMART, P.L.; RICHARDS, D.A. & SHEN, C.C. – 2004 – Wet periods in northern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. *Letters to nature*, Nature Publishing Group. *Nature*, v. 432, p. 740-743.

