



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Evolução Geoambiental e Geohistórica das  
Dunas Costeiras do Município de Fortaleza,  
Ce.**

**Mestranda: Mônica Virna de Aguiar Pinheiro**

**Orientadora: Profa. Dra. Vanda de Claudino-Sales**

**FORTALEZA**

**2009**

MÔNICA VIRNA DE AGUIAR PINHEIRO

EVOLUÇÃO GEOAMBIENTAL E GEOHISTÓRICA DAS DUNAS  
COSTEIRAS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA, CEARÁ.

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial.

Orientadora: Profa. Pós Dra. Vanda Claudino-Sales

FORTALEZA  
2009

P721m Pinheiro, Mônica Virna de Aguiar  
Evolução geoambiental e geohistórica das dunas costeiras do município de Fortaleza, Ceará / Mônica Virna de Aguiar Pinheiro, 2009.  
182 f. ; il. color. enc.

Orientadora: Profa. Dra. Vanda Claudino Sales  
Área de Concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Depto. de Geografia, Fortaleza, 2009.

1. Dunas costeiras. 2. Geração de dunas. 3. Mapeamento geomorfológico. 4. Meio ambiente em Fortaleza. I. Sales, Vanda Claudino (orienta.). II. Universidade Federal do Ceará – Pós-Graduação em Geografia. IV. Título.

CDD 910

MÔNICA VIRNA DE AGUIAR PINHEIRO

EVOLUÇÃO GEOAMBIENTAL E GEOHISTÓRICA DAS DUNAS  
COSTEIRAS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA, CEARÁ.

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial.

Nota: 10 com louvor

Aprovada em 30 / 07 / 2009.

BANCA EXAMINADORA:

---

Profa. Pós Dra. Vanda Claudino-Sales (Orientadora)

Depto. Geografia – UFC

---

Prof. Dr. Antônio Carlos de Barros Corrêa

Depto. Geografia - UFPE

---

Profa. Dra. Loreci Gislaine de Oliveira Lehurgeur

Depto. Geologia - UFC

---

Profa. Dra. Isorlanda Caracristi

Depto. Geografia – UVA

*À Deus pela vida*  
*Aos meus pais e meu irmão*  
*Ao meu Marcelo*

## **AGRADECIMENTOS**

A finalização desse trabalho é a concretização de uma etapa valiosa na minha vida, a realização de um sonho, construído ao longo dos últimos seis anos, entre graduação e mestrado. O resultado desse trabalho, também faz parte da relevante contribuição de pessoas muito importantes, a quem devo agradecer.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro desta pesquisa, sem o qual seria mais difícil a realização.

Ao programa de Pós-graduação em Geografia da UFC, na pessoa do coordenador Prof. Cristian Dennys de Oliveira.

Agradeço a minha orientadora Vanda Claudino-Sales, pelo aprendizado único da ciência geomorfológica, pelo exemplo de profissionalismo, e pela valiosa atenção e dedicação nesses anos de graduação e mestrado. Obrigada por tudo!

Aos professores que aceitaram e se dispuseram a contribuir com esse trabalho na banca de defesa: professor Antônio Carlos de Barros Corrêa e professoras Loreci Gislaíne Lehuger e Isorlanda Caracristi.

Aos professores Luis Parente e Alexandre Medeiros pelas contribuições no exame de qualificação.

Agradeço a todos que fazem o Departamento de Geografia da UFC, em especial aos professores: Amaro Alencar, Eustógio Dantas, Jeovah Meireles, Raimundo Castelo, José Borzacchiello, Cristian Dennys, Cacau, Fátima Soares, Levi, Maria Salete, Clélia Lustosa, Elisa Zanella, Florice Raposo, Paulo Thiers e Alexandra Oliveira. Aos funcionários (Evaldo, Fernandes, D. Sandra, D. Mazé e Denise). À professora Andréa Panizza pelas dicas e ensinamentos sobre sensoriamento remoto.

À querida profa. Marta Celina pela amizade, ajuda e atenção dispensada a mim em todas as etapas, desde a graduação.

A todos os colegas que fizeram e fazem parte do Laboratório de Geomorfologia Ambiental, Costeira e Continental – LAGECO: Anatarino Torres, Simone (uma nova amizade), Geísa Nascimento, Alegnberto, Rúbson Maia, Renata, Pamela, Nathan, Alcione e Valdete, pelos bons momentos vividos juntos.

Agradeço aos meus pais (Socorro e Humberto) pelo amor, carinho, apoio e confiança depositados durante essa caminhada, e pelo exemplo de vida. Amo vocês.

Ao meu irmão Humberto Filho pelo apoio e por ser um exemplo de profissional e pesquisador valoroso.

Ao meu amor Marcelo, pelo incentivo à entrada nesse mundo acadêmico, você é o grande responsável! Por todos esses anos compartilhados com muito amor, carinho e dedicação, trazendo enorme felicidade para minha vida. Obrigada meu amor!

A todos os meus familiares, pelos bons momentos de convivência.

À querida Lourdinha, pela ajuda e disponibilidade na confecção dos mapas e pela amizade construída. Obrigada de coração!

Às amigas Kamilly e Náyra, pela presença, pelas conversas, raras nos últimos meses (a falta de tempo não deixava), e incentivo em todos os momentos da vida, os bons e os não tão bons. A todas as minhas amigas que mesmo longe, torcem por mim: Carinny, Nisti, Jeanny, Ingrid, Carol, Karla e Janaina, e fazem parte da minha vida. Aos amigos historiadores Igor e Hozângela e a Cecília, obrigada pela atenção e amizade.

A todos os novos amigos do mestrado que fizeram dessa etapa um momento especial, ultrapassando os limites da convivência acadêmica: João Correia (obrigada pela ajuda e disposição sempre), Suéllen Cunha (uma nova amizade), Tiago Estevam (nossa luta valeu a pena), Arilson Sousa, Sinhá Moreira e Márcio Luís (a simpatia sobralense), Glaciane Gonçalves, Lílian Soreli, Luciana Lacerda e Luciana Rodrigues.

Também agradeço à Geoconsult na disponibilidade das imagens de satélite para a composição dos mapas.

Aos colegas Buda e Gleidson (LABOMAR), pela ajuda dispensada na coleta das amostras e trâmites necessários para datação.

Aos órgãos públicos tão importantes na coleta de material para essa dissertação – CPRM (nas pessoas dos funcionários: Celso, Guilherme e Jáder), Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE), Laboratório de Ciências do Mar (LABOMAR), Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Museu da Imagem e do Som (MIS) e Arquivo Público do Ceará.

Ao pesquisador Nirez pela disponibilidade do seu arquivo iconográfico sobre Fortaleza, tão relevantes na obtenção de dados sobre a cidade.

À Deus pelo dom da vida.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa caminhada. Obrigada!



*Eu nunca disse que seria fácil  
Eu somente disse que valeria a pena.  
(Autor desconhecido)*

## RESUMO

A zona costeira de Fortaleza, objeto do nosso estudo destaca-se pelo seu extenso litoral, com diferentes ambientes naturais que fazem parte do contexto urbanizado local. Dentre esses ambientes, se destacam as dunas costeiras, que cobriam grandes extensões da zona costeira fortalezense e ainda persistem em segmentos pontuais da cidade. Para analisarmos as dunas do ponto de vista natural e quanto à destruição a que foram sujeitas, apresentamos uma evolução geoambiental dos sistemas dunares locais, resgatando os cenários pretéritos, para uma posterior contribuição de uso e gestão adequados para as áreas afeitas. Dessa forma, apresenta-se como foco do presente trabalho, uma análise dos campos de dunas de Fortaleza sob os aspectos naturais e históricos, norteado pela (1) análise ambiental, que integra aspectos naturais e sociais, fundamentais no entendimento da paisagem e por (2) uma abordagem geohistórica, inovadora, onde se recapitulou o processo de ocupação social do espaço, dando ênfase às alterações no meio natural. Associado à abordagem metodológica, utilizou-se um conjunto de técnicas necessárias à realização do presente trabalho. A partir de então, analisou-se as principais morfologias de dunas encontradas na área de estudo, assim como sua classificação quanto à idade de formação. Nesse sentido, providenciou-se datação em dois pontos de dunas fixas na cidade, a primeira realizada no campo de dunas da capital, a fim de se aprofundar o conhecimento a cerca da evolução natural das dunas costeiras de Fortaleza. As dunas datadas situam-se em importantes pontos da cidade, quais sejam os bairros Cocó e Sabiaguaba, e apresentaram idades variando entre 1,1ka e 1,9 ka, inseridas em uma geração de dunas específica. Em Fortaleza, do período da colonização portuguesa aos dias atuais, uma grande parcela das paisagens naturais, em destaque os campos de dunas, foram sendo substituídas por formas urbanas e estruturas artificiais. Com efeito, o estudo do dimensionamento da quantidade da área de dunas perdida em Fortaleza com a urbanização, desde a década de 1950, demonstra um quadro preocupante e irreversível para a cidade. O mapeamento geomorfológico efetuado (anos de 1958 e 2008), dividido em três segmentos (Praia do Futuro, Sabiaguaba e setor oeste), assim como a mensuração da quantidade de área de dunas (móveis e fixas) destruídas na capital cearense, durante os últimos 50 anos, resultou em importante fonte de análise das unidades geomorfológicas e seu estágio atual em meio à urbanização. Hoje, restam apenas vestígios dessas formas naturais (Praia do Futuro e Sabiaguaba), e ainda sob eminente risco de degradação completa. Nesse sentido, faz-se necessário uma melhor gestão e planejamento da cidade, conjugando crescimento urbano com meio ambiente equilibrado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dunas Costeiras, Geração de Dunas, Mapeamento Geomorfológico, Meio ambiente em Fortaleza.

## ABSTRACT

The coastal zone of Fortaleza City, object of our study, has an extensive coastal area, with different natural environments, now situated in a urbanized context. Among those environments, dunes have a special place. Large dunefields occurred in Fortaleza in prior times, but most are destroyed, only resisting in punctual segments of the city. In this research, we analyze the dunes of a natural point of view, as well as the process of their destruction. In the first perspective, we present a geoenvironmental evolution of the local dunes systems. In the second perspective, we analyze the urban development and the situation of dunes, in view of a subsequent contribution for better forms of use and adequate management of these natural elements. By this way, we present an analysis of Fortaleza City under historical and natural aspects, guided by the (1) environmental analysis, which integrates social and natural aspects in the understanding of the landscape and by (2) an geohistorical approach, innovative, where we made a review on the social process of occupation of the space, giving emphasis to the alterations in the natural environment. Associated with those methodological approaches, we used an assembly of necessary techniques to the achievement of the present work. From then, we analyze the main morphologies of dunes in the study area, as well as its classification in regards to their origin and age, by the meaning of dating, with thermal methods, two dunefields of the urban area of Fortaleza, the first dating to be carried out in the city, in order to deepen the knowledge about the natural evolution of the local dunefields. The dated dunes are situated at important points of the city, in the neighborhoods of Cocó and Sabiaguaba, with ages varying between 1,7ka and 2.2 ka, inserted in a generation of specific forms. In Fortaleza, since the period of the Portuguese colonization, dunes were being replaced by urban forms and artificial structures. We quantified the area of disappearing of dunes, since the decade of 1950 until 2008, which showed an irreversible and worrying chart for the matter. The geomorphological mapping was made by dividing the city in three segments (Beach of the Future, Sabiaguaba and sector West), as well as in regard to the quantification of dunes destruction. The final data results as an important tool of spatial analysis of environment and of the society x nature relationship. Nowadays, only few residual fields of dunes still remain in the city, and under eminent risk of complete degradation. In that sense, it seems urgent the definition of a better management and planning of the city, to conjugate urban growth with environment preservation.

**Key-words:** Coastal Dunes, Dunes Generations, Geomorphological Mapping, Environment in Fortaleza City.

## Índice de Figuras

---

Figura 01: Mapa de Localização da área de estudo .....	23
Figura 02: Divisão dos bairros da cidade de Fortaleza, com densidade demográfica associada.....	25
Figura 03: Mapa Geológico simplificado de Fortaleza .....	27
Figura 04: Distribuição média mensal de precipitação em Fortaleza (1966-2007) .....	33
Figura 05: Médias mensais das normais climatológicas para a cidade de Fortaleza (1966-2007) .....	34
Figura 06: Mapa de solos de Fortaleza .....	39
Figura 07: Cobertura vegetal arbóreo-arbustiva encontrada fixando o campo de dunas da Sabiaguaba .....	41
Figura 08: Cobertura vegetal (salsa de praia) encontrada fixando dunas frontais na Praia do Futuro .....	41
Figura 09: Principais tipos de vegetação encontrada nos campos de dunas da Sabiaguaba - Capim da praia.....	42
Figura 10: Principais tipos de vegetação encontrada nos campos de dunas da Sabiaguaba – Murici.....	42
Figura 11: Mapa da cobertura vegetal de Fortaleza .....	44
Figura 12: Riacho Pajeú em seu trecho murado na Rua Pedro Borges dentro de estacionamento privado da capital .....	46
Figura 13: Riacho Jacarecanga no trecho não canalizado da Avenida Francisco Sá no bairro Jacarecanga .....	47
Figura 14: Mapa das bacias hidrográficas da cidade de Fortaleza.....	50
Figura 15: Desenho esquemático do processo da L.O.E .....	55
Figura 16: Mapa Morfoestrutural de Fortaleza .....	58
Figura 17: Desenho esquemático simplificado de um perfil de praia .....	59
Figura 18: Faixa de praia da Praia do Futuro próximo à foz do rio Cocó onde se verifica a presença de deposição de material mais grosseiro relacionado à proximidade com o rio .....	61
Figura 19: Perfil de praia no extremo oeste da Praia do Futuro. Verifica-se a extensa faixa de praia ocasionada pela proximidade com o espigão localizado no bairro Serviluz .....	61
Figura 20: Praia do Mucuripe, setor oeste do litoral de Fortaleza. Percebe-se a presença de rochas de praia e uma estreita faixa de praia comparada com a da praia do Futuro .....	62
Figura 21: Praia do Caça e Pesca local onde deságua o rio Cocó com presença de rochas de praia.....	62
Figura 22: Imagem de satélite com identificação de algumas lagoas de Fortaleza .....	63
Figura 23: Média mensal da velocidade dos ventos para a cidade de Fortaleza (1966-2007) .....	68
Figura 24: Desenho esquemático do processo de transpasse ou <i>bypass</i> de sedimentos ao longo de obstáculos como pontas litorâneas como a que ocorre em Fortaleza (Mucuripe) .....	70
Figura 25: Transporte de sedimentos que ocorria no litoral de Fortaleza. Em vermelho, dinâmica de transporte e transpasse costeiro e em azul transporte e transpasse litorâneo	71
Figura 26: Curvas de variações do nível do mar nos últimos 7.000 anos ao longo de vários trechos do litoral brasileiro .....	77

Figura 27: Classificação das dunas de Fortaleza quanto às gerações de dunas correspondentes .....	85
Figura 28: Fotografias aéreas (1958) mostrando a localização das gerações de dunas identificadas em Sabiaguaba (1958). A: Dunas compostas ou lençóis de areia (2ª Geração); B: dunas frontais (1ª Geração); C: Parabólicas fixas (3ª Geração) .....	86
Figura 29: Imagem de satélite (2003) mostrando a localização das gerações de dunas identificadas em Sabiaguaba (2003). A: Dunas compostas ou lençóis de areia (2ª Geração); B: dunas frontais (1ª Geração) .....	87
Figura 30: Fotografias aéreas (1958) mostrando a localização das gerações de dunas identificadas na Praia do Futuro (1958). A: Dunas compostas ou lençóis de areia (2ª Geração); B: Parabólicas fixas (3ª Geração) .....	88
Figura 31: Localização das duas amostras coletadas em dunas fixas de Fortaleza.....	90
Figura 32: Duna fixa do Cocó. Local de coleta da datação.....	90
Figura 33: Local de coleta da amostra da duna do Cocó .....	91
Figura 34: Localização da duna fixa datada, localizada no bairro Cocó em Fortaleza ....	92
Figura 35: Localização da duna fixa datada, na Praia de Sabiaguaba, litoral leste de Fortaleza .....	92
Figura 36: Foto do contexto de dunas fixas da praia de Sabiaguaba .....	93
Figura 37: Amostra, coordenada, dose anual, dose acumulada e idade das duas amostras datadas .....	93
Figura 38: Dinâmica de uma duna móvel com seus respectivos ângulos a barlavento e sotavento .....	95
Figura 39: Duna Móvel em Sabiaguaba, com sua vertente a sotavento apresentando altitude com cerca de 30m .....	95
Figura 40: Migração do campo de duna móvel em Sabiaguaba na direção da foz do rio Cocó, em destaque para a inclinação do ângulo a sotavento .....	96
Figura 41: Desenho esquemático da direção dos campos de dunas em Fortaleza .....	96
Figura 42: Prancha Praia do Futuro- 2008 .....	99
Figura 43: Dunas do tipo Lençol de Areia em Sabiaguaba, com planície de deflação com cerca de 500m .....	100
Figura 44: Detalhe de duna frontal na área de Sabiaguaba .....	100
Figura 45: Dunas Frontais na área da Sabiaguaba. Localizam-se paralelas a faixa de praia e ao cordão de rochas de praia. Local de movimento e ocupação por barracas de praia .....	101
Figura 46: Campo de Dunas antropizado no Mucuripe, Morro Santa Terezinha. Ainda observa-se grande quantidade de areias móveis no seu topo com a presença de dunas semi-fixas do tipo <i>Nebkas</i> .....	102
Figura 47: Dunas <i>Nebkas</i> na planície costeira de Sabiaguaba .....	103
Figura 48: Prancha Sabiaguaba - 2008 .....	105
Figura 49: Desenho esquemático da morfologia de uma duna parabólica .....	106
Figura 50: Desenho de Fortaleza em 1810, com suas dunas (em amarelo) sustentando o início da ocupação da cidade, com as serras (em verde, em segundo plano) que eram avistadas por quem por aqui chegava .....	108
Figura 51: Forte de Nossa Senhora d'Assunção construído no ano de 1649 sobre o morro Marajaitiba, área de dunas de Fortaleza .....	109
Figura 52: Planta de Fortaleza em 1818 elaborada por Silva Paulet. O número 1 representa a ponta do mucuripe, 2 o riacho Pajeú onde surgiu a cidade e 3 riacho Jacarecanga .....	110
Figura 53: Planta topográfica da cidade de Fortaleza e Subúrbios, elaborada em 1875	

por Adolpho Herbster .....	111
Figura 54: Rio Pajeú canalizado localizado no Paço Municipal de Fortaleza .....	112
Figura 55: Alinhamento de dunas ocupado pela favela Moura Brasil, primeira ocupação sobre dunas de Fortaleza iniciada em 1888 .....	113
Figura 56: Praia do Pirambu em Fortaleza no ano de 1930. Pode se perceber a quantidade de areia que migrava sobre a planície litorânea naquele período .....	117
Figura 57: Praia de Iracema em Fortaleza. No detalhe uma vegetação em quantidade significativa que fazia parte do ambiente praiial de Fortaleza no ano de 1930.....	118
Figura 58: Forte Nossa Senhora d'Assunção construído sobre a duna Marajaitiba. Nota-se a suave inclinação para leste .....	120
Figura 59: Desenho do antigo Paiol de Pólvora, localizado sobre a duna do Croatá em 1859 .....	121
Figura 60: Praça do Passeio Público antigo morro do Croatá, em sua porção sul voltada para o mar. Abaixo nota-se o segundo plano da praça hoje desativado .....	122
Figura 61: Estação Ferroviária de Fortaleza construído em 1880, local onde se situava o morro do Croata, antiga área de dunas da capital .....	123
Figura 62: Antiga Cadeia Pública de Fortaleza, uma das quatro estruturas urbanas que ocuparam o morro do Croatá. Hoje é utilizada como centro de artesanato.....	123
Figura 63: Santa Casa de Misericórdia de Fortaleza construída também sobre o morro do Croatá. Percebe-se a suave inclinação na direção norte.....	124
Figura 64: Vista da parte detrás do Cemitério São João Batista. Segundo cemitério da cidade construído em área de dunas de Fortaleza.....	125
Figura 65: Desenho feito pela Comissão Científica de Exploração no ano de 1859 da Igreja e Seminário da Prainha sobre as dunas do Outeiro .....	126
Figura 66: Seminário da Prainha construído sobre o morro do Outeiro localizado no bairro hoje denominado Praia de Iracema .....	127
Figura 67: Duna da Barra do rio Ceará, coberta com vegetação e ainda sem ocupação urbana em 1982 .....	128
Figura 68: Duna da Barra do rio Ceará, parcialmente coberta com vegetação e migrando sobre os equipamentos urbanos que se interceptam ao seu transporte .....	128
Figura 69: Muro construído na duna da Barra do rio Ceará, inútil forma de contenção de sedimentos.....	129
Figura 70: Duna na área próxima a ponta do Mucuripe, onde foi construído o farol (Década de 30) .....	130
Figura 71: A mesma duna onde foi construído o farol. Atualmente urbanizada e já completamente fixada .....	130
Figura 72: Foto mostrando até onde chegavam as dunas do mucuripe e sua mobilidade ao longo da zona costeira de Fortaleza ainda presente em alguns setores no ano de 1982 .....	131
Figura 73: Dunas da Praia do arpoador, Pirambu em 1930 .....	132
Figura 74: Proximidade das dunas com a faixa de praia e com os trilhos da estação ferroviária no Pirambu em 1928 .....	132
Figura. 75 - Prancha Setor Oeste 1958 .....	133
Figura 76: Destruição do campo de Dunas na Praia do Futuro, área de especulação imobiliária intensa .....	137
Figura 77: Ocupação imobiliária na praia de Sabiaguaba, com algumas construções localizadas na planície de deflação dessa área .....	137
Figuras 78: Dunas fixas da Praia do Futuro em meio à urbanização da área .....	138
Figura 79: Resquícios de dunas móveis na Praia do Futuro .....	139

Figura 80: Mapa Geomorfológico da Zona Costeira da Praia do Futuro - 1958.....	140
Figura 81: Tabela referente aos dados de área das dunas nos anos de 1958 e 2008 e a retração sofrida pelas dunas nos três setores estudados .....	141
Figura 82: Mapa Geomorfológico da Zona Costeira da Praia do Futuro – 2008.....	142
Figura 83: Quadro comparativo do mapeamento realizado – Praia do Futuro 1958 (esquerda) e 2008 (direita).....	143
Figura 84: Gráfico referente aos dados obtidos quanto à redução das dunas na Praia do Futuro .....	144
Figura 85: Dunas da Praia do Futuro: Alterações nos últimos 50 anos.....	145
Figura 86: Mapa Geomorfológico da Zona Costeira de Sabiaguaba – 1958 .....	147
Figura 87: Mapa Geomorfológico da Zona Costeira de Sabiaguaba – 2008 .....	148
Figura 88: Gráfico referente aos dados obtidos com o cálculo de regressão das dunas na praia de Sabiaguaba.....	149
Figura 89: Quadro comparativo da área mapeada na Praia de Sabiaguaba em 1958 (esquerda) e 2008 (direita).....	149
Figura 90: Campo de dunas móveis da Sabiaguaba .....	150
Figura 91: Dunas da Sabiaguaba: Alterações nos últimos 50 anos .....	151
Figura 92: Mapa Geomorfológico da zona costeira do Setor Oeste de Fortaleza, Ce (1958).....	153
Figura 93: Quadro comparativo do mapeamento realizado – Setor oeste 1958 (esquerda) e 2008 (direita) .....	154
Figura 94: Mapa Geomorfológico da zona costeira do Setor Oeste de Fortaleza, Ce (2008).....	155
Figura 95: Gráfico referente aos dados obtidos quanto à redução das dunas na Praia do Futuro.....	156
Figura 96: Dunas do Setor oeste: Alterações nos últimos 50 anos .....	157
Figura 97: Mapa da cidade de Natal e sua divisão por bairros. Percebe-se nesse mapa a área ocupada pelo Parque das Dunas da cidade, ocupando grande porção da faixa costeira da cidade .....	161
Figura 98: Imagem de satélite da cidade de Natal onde se observa ao centro as dunas do Parque e a expansão urbana ao seu redor .....	162
Figura 99: Delimitação do Parque das Dunas de Sabiaguaba e sua zona de amortecimento pela APA de Sabiaguaba .....	165

# SUMÁRIO

---

<b>Folha de Rosto</b>	
<b>Folha de Aprovação</b>	
<b>Dedicatória</b>	
<b>Agradecimentos</b>	
<b>Epígrafe</b>	
<b>Resumo</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>Índice de Figuras</b>	
<b>Sumário</b>	

<b>Introdução.....</b>	<b>19</b>
------------------------	-----------

---

## **Capítulo 1 – Caracterização Geosócioambiental da Área de Estudo**

---

<b>1.1. Localização e Caracterização Geral da Área de estudo.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2. Geologia .....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.1. Pré-Cambriano.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.2. Terciário .....</b>	<b>28</b>
<b>1.2.3. Quaternário .....</b>	<b>29</b>
<b>1.3. Geomorfologia.....</b>	<b>31</b>
<b>1.4. Condicionantes Climáticos da área .....</b>	<b>32</b>
<b>1.4.1. Dados Pluviométricos.....</b>	<b>32</b>
<b>1.4.2. Regime Térmico .....</b>	<b>35</b>
<b>1.4.3. Regime de Ventos locais .....</b>	<b>36</b>
<b>1.5. Tipos de Solos .....</b>	<b>36</b>
<b>1.5.1. Argissolos Vermelho-Amarelos .....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.2. Gleissolos .....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.3. Neossolos Flúvicos .....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.4. Neossolos Quartzarênicos .....</b>	<b>38</b>
<b>1.6. Cobertura Vegetal.....</b>	<b>40</b>
<b>1.6.1. Vegetação de Dunas .....</b>	<b>40</b>
<b>1.6.2. Manguezais.....</b>	<b>43</b>
<b>1.7. Recursos Hídricos.....</b>	<b>43</b>



1.7.1. Bacia da Vertente Marítima .....	45
1.7.1.1. Riacho Maceió-Papicu .....	45
1.7.1.2. Riacho Pajeú .....	46
1.7.2.3. Riacho Jacarecanga .....	46
1.7.2. As Grandes Bacias Hidrográficas de Fortaleza .....	47
1.7.2.1. Rio Pacoti .....	47
1.7.2.2. Rio Cocó .....	48
1.7.2.3. Rio Ceará .....	49

## **Capítulo 2 - Metodologia e Técnicas Utilizadas**

---

2.1. A Abordagem Teórico-Metodológica .....	51
2.2. As Técnicas Utilizadas .....	52
2.2.1. A Atividade de Gabinete .....	52
2.2.2. Os Levantamentos de Campo .....	53
2.2.3. Os Procedimentos de Laboratório .....	54
2.2.3.1. Experimentação do método de dados por TL e LOE (TL/OSL <i>dating</i> ).....	54
2.2.3.2. Preparação das amostras .....	55
2.2.3.3. Preparação das amostras para análise de TL / OSL.....	55
2.2.3.4. Determinação da Dose Acumulada Natural .....	56
2.2.3.5. Determinação da Dose Anual .....	56

## **Capítulo 3 – As Unidades Morfológicas da Paisagem Natural**

---

3.1. Os Tabuleiros Costeiros em Fortaleza.....	57
3.2. A Planície Costeira.....	57
3.2.1. Praias.....	59
3.2.2. Dunas.....	60
3.2.3. Rochas de Praia.....	60
3.4. As Lagoas Costeiras e Interdunares.....	62

## Capítulo 4 – Dinâmica Litorânea e Costeira em Fortaleza

---

4.1. Ondas .....	65
4.2. Marés .....	66
4.3. Correntes Litorâneas.....	67
4.4. Regime Eólico para Formação de Dunas .....	67
4.5. Ação Conjunta dos agentes da dinâmica litorânea: as células sedimentares de Fortaleza .....	69

## Capítulo 5 – Morfogênese Dunar de Fortaleza

---

5.1. Origem da Zona Costeira.....	72
5.2. Gênese e Evolução do Campo de Dunas: Mudanças Climáticas Quaternárias.....	73
5.2.1. Variações do Nível do Mar.....	74
5.2.2. Variações Quaternárias do Nível do Mar no Ceará e Dinâmica Litorânea ....	78
5.2.2.1. Variações Climáticas Milenares.....	80
5.2.3. Idade e Geração de Dunas.....	82
5.2.3.1. Os Estudos Realizados.....	82
5.2.3.2. As Gerações de Dunas em Fortaleza .....	84
5.2.3.2.1. A Datação realizada.....	89
5.3. Tipologia das Dunas no Litoral de Fortaleza.....	94
5.3.1. As Dunas Móveis .....	94
5.3.1.1. Dunas Compostas ou Lençóis de Areia.....	97
5.3.2. Dunas Semi-fixas.....	98
5.3.2.1. Dunas Frontais .....	100
5.3.2.2. Nebkas .....	102
5.3.3. Dunas Fixas .....	103
5.3.3.1. Parabólicas Fixas .....	104

## Capítulo 6 – Evolução Geohistórica do Campo de Dunas de Fortaleza

---

6.1. Ocupação e Urbanização de Fortaleza.....	107
6.2. Fortaleza: Uma História de Dunas.....	114

<b>6.3.</b> Morfologia do Campo de Dunas: os registros históricos.....	116
<b>6.4.</b> As Dunas Históricas de Fortaleza.....	119
<b>6.4.1.</b> Morro Marajaitiba.....	119
<b>6.4.2.</b> Morro do Croatá.....	120
<b>6.4.3.</b> Outeiro da Prainha.....	124
<b>6.4.4.</b> Barra do Ceará.....	126
<b>6.4.5.</b> Dunas do Mucuripe.....	129
<b>6.4.6.</b> Dunas Jacarecanga / Pirambu.....	131

## **Capítulo 7 – Regressão do Campo de Dunas de Fortaleza**

---

<b>7.1.</b> Processo de Ocupação – Ontem e Hoje.....	135
<b>7.2.</b> Regressão Dunar e Progressão Urbana nos Últimos 50 anos.....	136
<b>7.2.1.</b> O “Mar de Areias” da Praia do Futuro.....	138
<b>7.2.2.</b> O Litoral ainda preservado: a Praia de Sabiaguaba.....	144
<b>7.2.3.</b> As Dunas do setor Oeste de Fortaleza.....	152

## **Capítulo 8 – As Formas de Proteção e Proposta de Uso e Gestão das Dunas de Fortaleza: Exemplos Locais e Externos**

---

<b>8.1.</b> As Dunas como Área de Preservação Permanente: o que diz a legislação.....	158
<b>8.2.</b> Planejamento e Gestão: o caso do Parque das Dunas – Natal / RN.....	160
<b>8.2.1.</b> A Cidade de Natal: Condicionantes Físicos.....	160
<b>8.2.3.</b> O Parque das Dunas.....	162
<b>8.3.</b> A Cidade de Fortaleza: Proposta de Uso e Ocupação para o Parque das Dunas de Sabiaguaba.....	164
<b>8.4.</b> Requalificação da área de Duna da Barra do Ceará.....	166

## **Capítulo 9 – Considerações Finais** 168

---

## **Referências Bibliográficas** . 172

---

## **Anexos**

---

## Introdução

---

Com o intuito de apresentar uma evolução geomorfológica das dunas do Município de Fortaleza, resgatou-se os cenários pretéritos da sua zona costeira para uma posterior contribuição de uso e gestão das dunas. Dessa forma, apresentou-se como foco do presente trabalho, uma análise dos campos de dunas de Fortaleza sob os aspectos naturais e geohistóricos.

As dunas, sejam elas móveis ou fixas, se comportam como ambientes propícios ao acúmulo de águas pluviais, alimentando um dos principais aquíferos dentro do ambiente de zona costeira. Essa característica torna-se ainda mais relevante ao se considerar ambientes com tendência à semi-aridez (como zonas costeiras) ou em franco quadro de semi-aridez como é o caso do Nordeste brasileiro, essencialmente cristalino, portanto, pobre quanto à disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas.

Os campos de dunas têm ainda importância fundamental no equilíbrio das zonas costeiras, ao fornecer sedimentos para rios e praias, alimentando assim, direta ou indiretamente, a deriva litorânea, que por sua vez, alimenta as praias. Assim, em seu processo de migração ao longo da costa, as dunas controlam e regulam o balanço sedimentar de todo o ambiente costeiro.

As dunas fixas se configuram como ambientes estáveis do ponto de vista dinâmico. A estabilidade desse ambiente é possível graças à instalação de vegetação de porte arbóreo-arbustivo, impedindo a mobilidade do corpo dunar, criando assim um reservatório permanente de areias na zona costeira, o que garante a durabilidade da permeabilidade e a continuidade, no tempo geológico, da recarga dos aquíferos costeiros. A vegetação que recobre essas dunas fixas, também exerce importância ecológica, abrigando espécies da flora e fauna nativa, criando exuberantes ecossistemas costeiros.

Também, além desses relevantes aspectos abordados, o ambiente de dunas compõe cenários de beleza inigualáveis, utilizados como porta de entrada para o turismo de estados como o Ceará.

Desta forma, faz-se necessário uma abordagem que trate o ambiente de dunas costeiras de forma integrada, entendendo que com a continuidade do processo de urbanização e valorização das áreas litorâneo-costeiras em regiões metropolitanas e entorno das grandes capitais, é necessário uma discussão abrangente, inclusive no tocante a aspectos legais que

regem a ocupação dessas áreas, a fim de delimitar com mais acuidade as áreas passíveis, ou não de ocupação, bem como, garantir o conhecimento acerca dos seus processos de formação e evolução visando à preservação.

Inicia-se o trabalho com uma caracterização geosócioambiental do litoral de Fortaleza analisando seus aspectos geológicos, geomorfológicos, os condicionantes climáticos da área, assim como os tipos de solos, cobertura vegetal, recursos hídricos e aspectos sócioambientais. O segundo capítulo traz a metodologia adotada e as técnicas utilizadas associadas ao método de pesquisa, destacando e detalhando todas as etapas pertinentes à pesquisa.

Na seqüência, apresenta-se no terceiro capítulo, as unidades morfológicas da paisagem natural presentes na área de estudo. No quarto capítulo, apresenta-se os principais agentes da dinâmica litorânea e costeira de Fortaleza e sua relação com a formação de dunas, bem como, a fonte e os mecanismos de transporte de sedimentos na área em estudo.

A partir do quinto capítulo, adentra-se na morfogênese de dunas costeiras, iniciando com a formação do litoral de Fortaleza. Na seqüência, discute-se a relação da evolução de dunas com as variações eustáticas e mudanças climáticas durante o Quaternário para, a partir daí, investigar a formação de diversas gerações que se formaram em diferentes períodos da história geológica recente, relacionando-as com as gerações de dunas encontradas na zona costeira de Fortaleza, integrando a datação efetuada, em 02 (duas) dunas fixas de Fortaleza. Posteriormente, discutiu-se e analisou-se as diversas morfologias encontradas na área de estudo, apresentando uma classificação correspondente a cada tipo de duna.

No capítulo 6, entra-se a análise dos documentos históricos acerca das dunas encontradas em Fortaleza, a partir da chegada dos colonizadores em nossa capital. Inicia-se fazendo um resgate do processo de ocupação e urbanização em Fortaleza para, posteriormente, apresentar as dunas que encontrávamos no litoral da cidade, sua morfologia e distribuição.

No sétimo capítulo, discute-se o processo de ocupação desordenado que vem se estabelecendo nas áreas de ocorrência de dunas em Fortaleza, passando, em seguida, para a análise e discussão da regressão das dunas na área em estudo a partir do mapeamento realizado. Finaliza-se esta análise mostrando qualitativa e quantitativamente os impactos dessa ocupação desorganizada na zona costeira de Fortaleza.

O penúltimo capítulo traz uma abordagem analítica, dos principais mecanismos legais de proteção das áreas de dunas. Posteriormente, apresenta-se as áreas de dunas da

cidade de Natal/RN e seu Parque das Dunas como um referencial de gestão para o Parque Municipal das Dunas de Sabiaguaba.

A partir daí, apresenta-se algumas propostas, com a finalidade de se estabelecer o princípio do uso sustentável das dunas de Sabiaguaba, bem como, a mitigação e/ou solução das problemáticas relacionadas à ocupação indevida da área da duna ainda existente, e seu entorno imediato, no bairro da Barra do Ceará, setor noroeste de Fortaleza.

No último capítulo apresenta-se as conclusões extraídas com as análises realizadas com a finalização do presente trabalho.

## Capítulo 1 – Caracterização Geosócioambiental da Área de Estudo

---

### 1.1 Localização e Caracterização Geral da Área de Estudo

A área selecionada para a realização deste trabalho situa-se na zona costeira do Município de Fortaleza, posicionada nas coordenadas geográficas 03°45'47 S e 38°31'23 O (Figura 01).

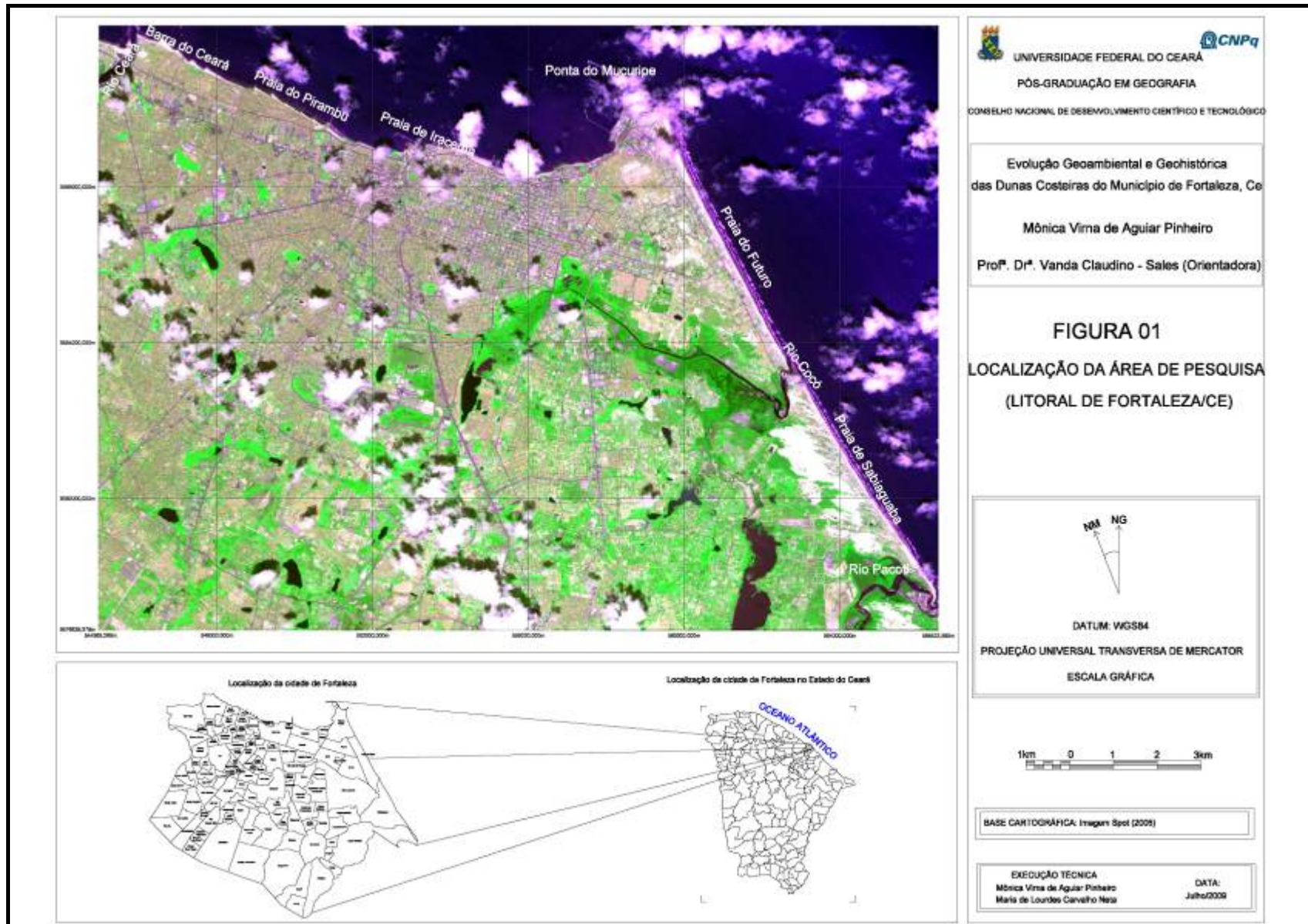
Geograficamente, o setor é delimitado a leste pelo rio Pacoti, limite de Fortaleza com o Município de Aquiraz. A oeste, o limite é feito pelo estuário do rio Ceará, situado no limite com o Município de Caucaia e a norte com o Oceano Atlântico. A cidade tem uma área de aproximadamente 313 km<sup>2</sup>, com uma linha de costa com cerca de 30 km.

As principais praias localizadas na área em estudo são: Praia de Sabiaguaba e Praia do Futuro (a leste), Meireles, Praia de Iracema e Pirambu (área central) e Praia da Barra do Ceará (a oeste).

O setor costeiro de Fortaleza, em função do crescimento urbano, encontra-se em pleno processo de descaracterização dos seus atributos naturais, com extensas áreas de domínio das feições de origem eólica sendo substituídas por núcleos residenciais, comerciais, industriais e turísticos.

A cidade de Fortaleza possui 2.431.415 habitantes, segundos dados de IBGE no ano de 2007. Em termos demográficos, a aglomeração de Fortaleza é constituída majoritariamente de migrantes que vivem em condições precárias em sua vasta periferia urbana. Nos últimos anos, com o incremento do segmento econômico do turismo, a faixa litorânea vem acusando um acelerado processo de ocupação, resultando em forte impacto sobre a natureza. A cidade registrou no ano de 2000, uma densidade demográfica média de 6.854,68 habitantes/km<sup>2</sup>.

Quanto à distribuição populacional por região, observa-se, de maneira geral, uma maior concentração na porção noroeste do Município, compreendida por bairros como Pirambu (litorâneo) e Cristo Redentor. Esta concentração diminui gradativamente em direção a sudeste e leste, locais preservados do ponto de vista ambiental do município, apresentando ainda paisagens naturais, como a Lagoa da Precabura e faixa litorânea dotada de feições como dunas e mangue (Figura 02).





Segundo dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza no ano de 2003, o nível de renda da população de Fortaleza divide-se, basicamente, em três regiões. A primeira, detentora de faixa mais elevada, compreende os bairros centrais e segmento centro-leste, como Aldeota, Meireles, Dionísio Torres, Joaquim Távora, Fátima, Varjota, Papicu, Cocó, Dunas e Guararapes, além de parte dos bairros Parque Manibura, Cambeba, Cidade dos Funcionários e Messejana. O segmento da população detentora de renda média está presente, principalmente, da região central, em direção a oeste e sul. O restante da cidade apresenta baixo nível renda e constitui a maioria dos bairros, marcando as zonas oeste e sul de Fortaleza, além de parte da faixa de praia leste (FORTALEZA, 2003) (Figura 02).

Quanto ao abastecimento de água, Fortaleza conta como mananciais as represas Pacoti, Riachão Gavião e Acarape, também responsáveis pelo abastecimento de outros municípios da Região Metropolitana. Fortaleza é a maior beneficiária do sistema, com índice de atendimento superior a 80% da população municipal (FORTALEZA, 2003).

Quanto à rede de esgotos, as melhores condições de atendimento situam-se na faixa norte e em áreas pontuais, localizadas, principalmente, nas regiões sul e sudoeste de Fortaleza. Estas áreas são constituídas por conjuntos habitacionais. A faixa norte, no entanto, apesar de apresentar os melhores índices de saneamento do município, não é atendida de maneira uniforme. A região central, junto com bairros nobres vizinhos, exibe alta porcentagem de cobertura, enquanto que os bairros mais a oeste possuem um atendimento menor (FORTALEZA, 2003) no total, cerca de 51% da área de Fortaleza é atendida por rede de coleta de esgotos (IBGE, 2005) fato que indica elevada poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

O atual sistema de drenagem nas três maiores bacias, Vertente Marítima, Cocó e Maranguapinho/Ceará, têm grande parte dos cursos d'água poluídos, degradados e alterados por diversas canalizações. As redes de micro drenagem apresentam variados problemas como a deficiência de dimensionamento, assoreamento, ligações clandestinas de esgoto e manutenção precária (FORTALEZA, 2003).

Isto tudo se agrava devido principalmente à topografia predominante plana da cidade, que apresenta alto índice de impermeabilização, gerando grandes dificuldades para o escoamento superficial das águas. Tal problema é sentido, sobretudo no período de chuvas, quando enchentes e alagamentos são freqüentes.

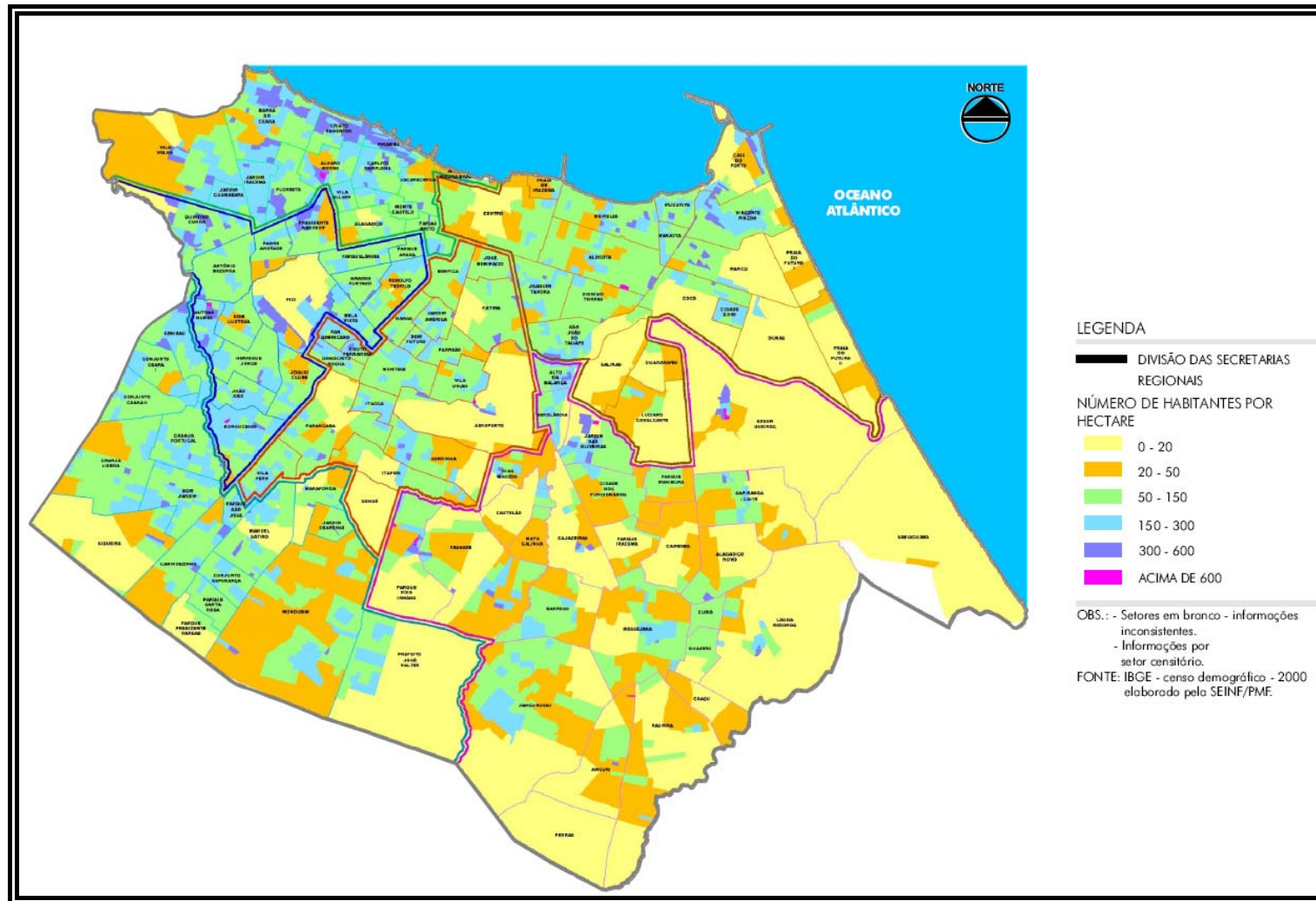


Figura 02 - Divisão dos bairros da cidade de Fortaleza, com densidade demográfica associada. Inventário Ambiental de Fortaleza (2003).

Com relação à coleta de lixo, o município apresenta as mesmas características espaciais de atendimento da rede de esgoto. Atualmente, Fortaleza utiliza-se do Aterro Metropolitano Oeste, situado no município de Caucaia (FORTALEZA, 2003).

Apresentou-se, de maneira geral, um panorama da cidade de Fortaleza, mais precisamente de sua faixa litorânea, objeto de nosso estudo, no intuito de melhor compreender a atual organização da cidade e os parâmetros sociais que influem e se inter-relacionam com seus aspectos naturais, discutidos no presente trabalho.

Os campos de dunas de Fortaleza apresentam hoje altos índices de urbanização e constituem-se como bairros dessa cidade como, por exemplo, os bairros Dunas, Papicu, Vicente Pinzón, Praia de Iracema, Centro, Moura Brasil, Pirambu e Barra do Ceará. As dunas nessas áreas apresentam-se completamente descaracterizadas e em grande parte, são desconhecidos da população em geral (Figuras 01 e 02).

Contudo, resquícios dessas formas ainda persistem na paisagem. Assim, faz-se necessário o entendimento de suas particularidades quanto aos aspectos naturais, visando uso e preservação adequados.

## **1.2 Geologia**

A área de estudo é caracterizada pela variedade de estruturas geradas em diversos momentos ao longo da história geológica da Terra. Assim, destacam-se na zona costeira de Fortaleza (1) rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino, representada morfologicamente pela Ponta do Mucuripe, (2) Formação Barreiras, do período Terciário e (3) os depósitos eólicos litorâneos como praias e dunas e os depósitos flúvio-aluvionares e flúvio-marinhos do período Quaternário (Figura 03). Esse conjunto será sumarizado a seguir.

### **1.2.1 Pré-Cambriano**

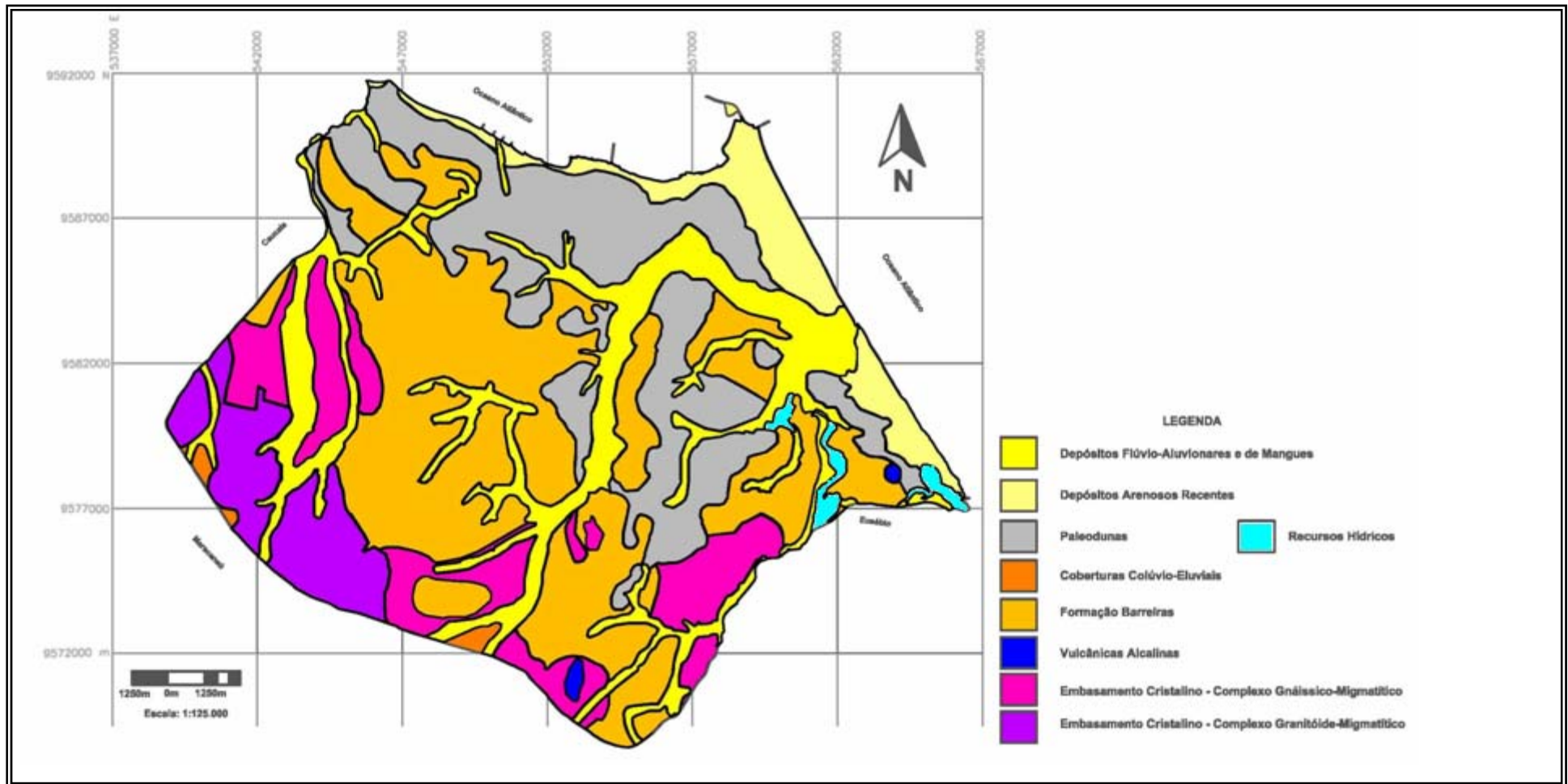


Figura 03 - Mapa Geológico simplificado de Fortaleza. (LEGFOR (2003), CPRM (1996,2003) adaptado por MOURA-FÉ, 2008).

Na porção sudoeste da cidade de Fortaleza, afloram rochas de natureza granitóide-migmatítica, compondo um dos dois complexos que formam o embasamento cristalino local. Alguns autores as posicionam no período do Arqueano (entre: 3,8 e 2,5 Bilhões de anos – G.a), enquanto outros as consideram como diferenciações litológicas dentro das unidades proterozóicas (entre 2,5 G.a e 570 M.a). De qualquer forma, são as litologias mais antigas da região, como indicado nos mapas geológicos e salientado por Moura-Fé (2008) (Figura 03).

Na região de Fortaleza, o Complexo Granitóide-migmatítico apresenta-se dissecado pelas águas dos rios Maranguapinho-Ceará, Cocó e Pacoti, além disso, detém contatos com o complexo gnáissico-migmatítico, a oeste e a sul.

A Ponta do Mucuripe representa um dos quatro afloramentos do supracitado substrato geológico (embasamento cristalino), assim como outras pontas que ocorrem no litoral do Ceará, como Iguape, Pecém e Jericoacoara. É possível que outros promontórios rochosos estejam mascarados pelos depósitos cenozóicos, pois em outras áreas do Estado do Ceará, a linha de costa se projeta para o mar como as pontas de Mundaú, Flexeiras e Amontada sem que outras rochas além de cordões de rochas-de-praia estejam presentes (CLAUDINO-SALES, 2005).

A Ponta do Mucuripe constitui-se como o marco da divisão do litoral, pois além de dividir os 573 km da zona costeira cearense em duas direções principais (SE-NW e E-W), coincide com a separação dos tipos de fácies sedimentares que recobrem a plataforma continental adjacente. A leste predominam na plataforma continental os depósitos terrígenos do tipo areias quartzosas e a oeste, os depósitos organógenos ricos em carbonatos. Desta forma, originam-se, grosso modo, no litoral oriental, dunas de composição quartzosa e no litoral ocidental, o aparecimento de dunas cimentadas por carbonatos, formando os chamados eolianitos (MAIA et al, 1997).

### **1.2.2 Terciário**

Em Fortaleza, a faixa costeira é constituída por sedimentos da Formação Barreiras de idade Miocênica Superior a Pleistocênica (30 Ma - 2 Ma), distribui-se como uma faixa de largura variável a retaguarda dos sedimentos eólicos atuais e os antigos como as paleodunas chamadas aqui de depósitos eólicos antigos urbanizados e/ou dunas urbanizadas, por ter

passado por um processo de descaracterização de seus atributos naturais, pelo processo de urbanização da cidade de Fortaleza, não sendo, portanto, possível sua diferenciação nos limites anteriormente mapeados (Figura 03).

As litologias desta unidade incluem arenitos finos e médios, siltitos e argilas variegadas, com níveis caulínicos e conglomeráticos grosseiros, com níveis de argilas e de cascalhos (BRASIL, 1981). Apresentam origem predominantemente continental, tendo os sedimentos depositados sob condições de clima semi-árido, sujeito às chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluviais coalescentes (ARAI, 1988).

Maia (1998) ressalta que a Formação Barreiras em Fortaleza, do ponto de vista das características sedimentológicas apresenta pequenas variações, podendo ser subdividida em duas camadas bem diferenciadas. Na primeira camada, isto é, a camada basal, teríamos lamas e grãos angulosos e subangulosos de quartzo e blocos de argila, intercalados por horizontes conglomeráticos, dotados de litologia bastante heterogênea e variações granulométricas significativas. A matriz seria constituída por silte e areias imaturas, pobremente selecionadas e com grãos angulosos de quartzo, feldspato, além de concreções de óxido de ferro. Na segunda camada, os sedimentos são constituídos predominantemente de areias avermelhadas, médias a finas, inconsolidadas, com intercalações de níveis conglomeráticos, com os sedimentos variando de pobre a moderadamente selecionados, de subarredondados a angulosos.

Em Fortaleza os afloramentos apresentam predominantemente matrizes areno-argilosas envolvendo seixos de quartzo subangulosos, esparsos na matriz. Esta fácies areno-argilosa da Formação Barreiras se apresenta nos afloramentos em setores mais internos da cidade (Figura 03) (MOURA-FÉ, 2008).

No Terciário inferior, temos a ocorrência das rochas Vulcânicas Alcalinas apresentando-se localmente sob a forma de *necks* e diques (Figura 03). Constituem uma província petrográfica geneticamente associada ao vulcanismo terciário do arquipélago de Fernando de Noronha (ALMEIDA, 1958). As principais ocorrências dessas rochas em Fortaleza estão relacionadas ao morro do Caruru localizado na faixa costeira de Fortaleza mais precisamente em Sabiaguaba, e o Ancuri, situado na porção sudeste da cidade. Esses relevos sobressaem-se topograficamente como elevações circulares e elipsoidais, algumas com formas características de cones vulcânicos (Figura 03).

### 1.2.3 Quaternário

Dentre os depósitos originados no período Quaternário encontrados em Fortaleza estão (1) as praias e dunas atuais, identificadas como depósitos arenosos recentes; (2) as dunas antigas ou paleodunas, (3) os depósitos flúvio-aluvionares, e (4) flúvio-marinhos (Figura 03).

As dunas são constituídas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina à média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados e, muitas vezes, encerrando níveis de minerais pesados, principalmente ilmenita (BRANDÃO, 1998). Possuem estratificação diagonal cruzada e sua espessura chega, às vezes, a cerca de 30 metros. As dunas fixas ocorrem em níveis mais rebaixados, estando às vezes parcialmente recobertas pelas dunas móveis (setor leste: Sabiaguaba); apresentam sedimentos mais oxidados com grãos arredondados e foscos, bem selecionados (MORAIS, 1981).

A coloração apresentada pelas formas dunares destaca-se pelas diferenciações relacionadas com sua idade, alteração dos minerais e mobilidade. Assim, via de regra, as dunas móveis de gerações mais recentes apresentam uma coloração esbranquiçada ou branco-amarelada, devido a sua composição predominante de minerais quartzosos. As dunas fixas que já sofreram transformações mineralógicas e texturais pela atuação dos processos intempéricos, com presença de solos, do tipo Neossolos Quartzarênicos (SANTOS et al, 2006).

As praias se caracterizam pela acumulação de areias de granulação média a grossa, ocasionalmente cascalhos (próximos a desembocaduras dos rios maiores), com abundantes restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados.

Nas praias com frequência ocorrem *beachrocks* ou arenitos de praia, em diversos trechos da área em estudo. Em geral são arenitos conglomeráticos com grande quantidade de bioclastos (fragmentos de moluscos e algas), cimentados por carbonato de cálcio (MAIA, 1998). As melhores ocorrências situam-se nas praias de Sabiaguaba, Cofeco e na enseada do Mucuripe.

Os arenitos da embocadura dos rios são de origem flúvio-marinha, cimentados pela precipitação de carbonato de cálcio provocada pela diferença de saturação das águas doce e salgada (MAIA, 1998). Têm matriz areno-argilosa com sedimentos conglomeráticos com seixos de até 3 cm, e fragmentos de moluscos. São bem estratificados, com mergulho suave para o mar (MORAIS, 1981).

Os depósitos flúvio-aluvionares e flúvio-marinhos (Figura 03) são representados, essencialmente, por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais e estuarinos recentes. Nos ambientes estuarinos ou de planícies flúvio-marinhas, formam-se depósitos siltico-argilosos, ricos em matéria orgânica, que sustentam uma vegetação de mangue. Nas lagoas costeiras e interdunares são depositados, principalmente, sedimentos pelíticos e grande quantidade de matéria orgânica, sendo que nas primeiras é comum a presença de camadas de diatomito. Essas lagoas, pela expressão espacial, não foram enquadradas no mapa da figura 02.

### 1.3. Geomorfologia

O relevo da faixa costeira de Fortaleza é caracterizado por quatro domínios geomorfológicos distintos, cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, além das características do solo e vegetação. São eles: Tabuleiros Costeiros, Dunas, Praias e Planícies Flúvio-marinhas. Nesse item, descreveremos de forma sucinta esses elementos, que serão abordados de maneira mais abrangente no capítulo 3.

Os tabuleiros costeiros ocorrem em Fortaleza margeando o limite das dunas urbanizadas e das planícies fluviais e flúvio-marinhas. Na porção leste da faixa costeira ocorrem próximo a planície litorânea em razão do estreitamento das dunas urbanizadas desse setor que, embora não totalmente ocupadas, já se encontram loteadas.

As dunas atuais em Fortaleza ocorrem formando cordões quase contínuos que acompanham paralelamente a linha de costa, sendo interrompidas pelas planícies flúvio-marinhas e pelo promontório da Ponta do Mucuripe, constituído por litologias mais resistentes. Concentram-se no litoral leste do município, em Sabiaguaba e de forma mais restrita e pontual na Praia do Futuro. Ocorrem em forma de cordões arenosos do tipo “lençóis de areia”, ou dunas compostas. Em algumas áreas, dependendo da orientação da linha de costa, as dunas móveis podem exercer papel importante no *bypass*/transpasse de sedimentos (ver item 4.3.), como era observado na Ponta do Mucuripe antes na urbanização e ocupação das dunas em Fortaleza.

As praias de Fortaleza ocorrem nas porções da costa leste (entre o rio Pacoti e a Ponta do Mucuripe) e na costa norte (da Ponta do Mucuripe ao rio Ceará), com algumas



interrupções ao longo, principalmente do setor central, por construções indevidas na faixa de praia.

As Planícies Flúvio-Marinhas são caracterizadas pela ação conjunta de processos continentais e marinhos, sendo ambientes criados pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de mangue. Em Fortaleza, destacam-se os manguezais associados aos rios Pacoti, Cocó e Ceará.

#### **1.4 Condicionantes Climáticos da Área**

As condições climáticas do Estado do Ceará são muito diferenciadas e estão relacionadas à interação de diferentes sistemas de circulação atmosférica com os fatores geográficos. Essas condições climáticas influenciam sobremaneira na atuação dos processos da dinâmica litorânea e costeira, principalmente no comportamento das formações dunares. Portanto, faz-se necessário seu detalhamento para melhor se entender a gênese e dinâmica na zona costeira.

##### **1.4.1 Dados Pluviométricos**

Fortaleza é caracterizada por índices de precipitações do tipo tropical com estação de chuvas concentradas em 4 meses consecutivos, entre dezembro a maio, com um ciclo de variação anual (MAIA, 1998).

A precipitação média anual de Fortaleza situa-se em 1.609 mm, podendo-se observar meses com valores médios máximos de até 670 mm (FUNCEME, 2008) (Figuras 04 e 05). A umidade relativa apresenta um padrão de variação semelhante aos dos índices de precipitação, com um máximo no mês de abril concentrando 84,2% e um mínimo em setembro, de apenas 72,3%, umidade favorecida em razão da proximidade com o oceano (FUCEME, 2008) (Figura 05).

As condições pluviométricas no Estado mantêm uma estreita relação com o processo de deslocamento ou migração da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT. A ZCIT constitui uma grande região de baixa pressão atmosférica localizada próximo ao

Equador, onde ocorre a confluência dos ventos alísios de nordeste (NE) e sudeste (SE), caracterizando-se pelo desenvolvimento de intensa nebulosidade e chuvas (AYOADE, 2003).

Esta zona de convergência se desloca mais para o norte durante o inverno austral, entre agosto a outubro e mais para o sul, nos meses de março a abril, durante o verão no hemisfério sul.

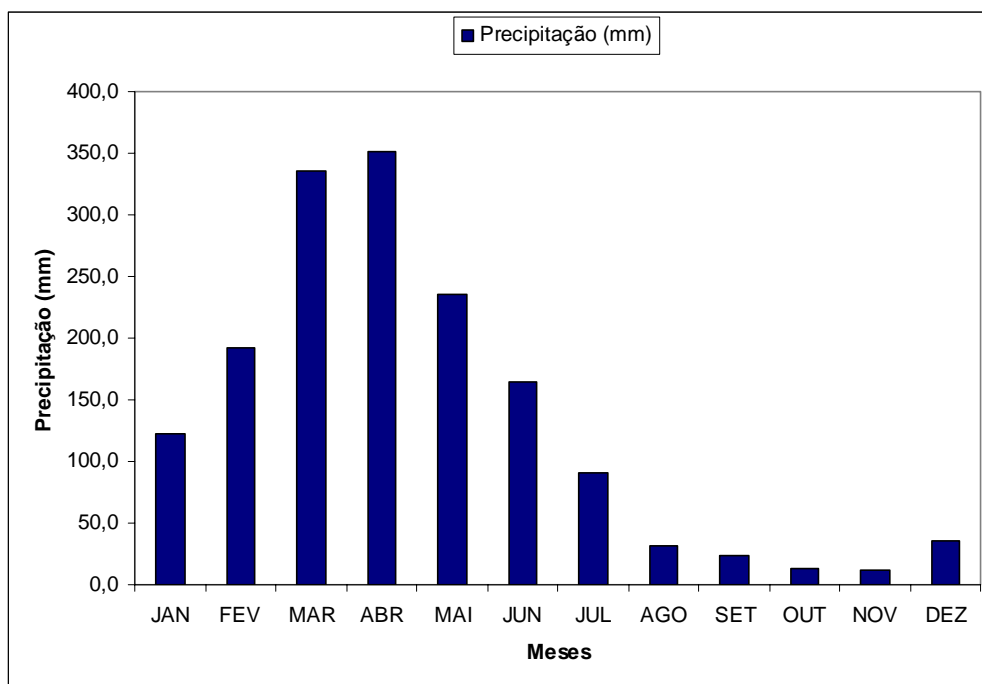


Figura 04 - Distribuição média mensal de precipitação em Fortaleza (1966-2007). Total anual: 1.609mm. Fonte: FUNCEME.

Durante os meses de dezembro a abril a ZCIT desloca-se no sentido meridional, quando, via de regra, ocorrem as chuvas na região. Neste período, verifica-se a presença dos ventos alísios de NE, que atingem a costa com mais frequência. De julho a novembro, a ZCIT desloca-se gradativamente para o Norte, afastando-se do Equador. Neste período, as chuvas começam a diminuir até caracterizar-se o período de estiagem. Ao mesmo tempo os alísios de SE / E tornam-se mais efetivos, aumentando sua predominância em relação aos de NE.

Esse sistema atua de modo mais expressivo a partir de meados do verão e atinge sua posição mais meridional no outono. No hemisfério sul chega a latitude 6°, entre janeiro a abril, ocasionando chuvas abundantes na região (AYOADE, 2003).

<b>Meses</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Umidade Relativa do Ar (%)</b>	<b>Temperatura do Ar (°C)</b>	<b>Pressão Atmosférica (mb)</b>	<b>Nebulosidade (0/10)</b>	<b>Insolação (h/mês)</b>	<b>Evaporação (mm)</b>	<b>Velocidade do Vento (m/s)</b>
<b>Janeiro</b>	123,0	77,8	27,4	1008,1	5,8	229,9	212,9	3,7
<b>Fevereiro</b>	191,8	80,2	27,1	1008,3	6,2	169,1	169,1	3,4
<b>Março</b>	335,8	83,5	26,7	1008,2	6,6	147,8	147,8	2,7
<b>Abril</b>	351,7	84,2	26,6	1008,3	6,3	134,2	134,2	2,6
<b>Mai</b>	235,6	82,4	26,5	1009,0	5,6	157,9	157,9	3,2
<b>Junho</b>	164,6	80,4	26,1	1010,5	4,9	149,5	149,5	3,4
<b>Julho</b>	90,8	78,3	26,0	1011,2	4,5	197,9	197,9	3,8
<b>Agosto</b>	31,7	74,1	26,4	1011,0	3,8	239,6	239,6	4,5
<b>Setembro</b>	23,5	72,3	26,8	1010,4	3,9	254,5	254,5	5,0
<b>Outubro</b>	12,7	72,7	27,2	1009,4	4,2	270,5	270,5	4,8
<b>Novembro</b>	12	73,2	27,5	1008,4	4,6	259,5	259,5	4,7
<b>Dezembro</b>	35,9	74,9	27,6	1008,2	4,9	251,7	251,7	4,3

Figura 05 - Médias mensais das normais climatológicas para a cidade de Fortaleza (1966-2007). Fonte: FUNCEME.

O deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico tropical. Quando as temperaturas estão mais elevadas no atlântico sul, a ZCIT se desloca para posições mais meridionais e se posiciona nas áreas onde as águas encontram-se mais aquecidas. Em maio, a ZCIT inicia seu retorno em direção ao hemisfério Norte, quando entra em declínio o período chuvoso (FERREIRA e MELLO, 2005).

Outros sistemas secundários se manifestam na região e são importantes na ocorrência de chuvas para o município. Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) atuam principalmente na pré-estação chuvosa e se estendem até março, com maior intensidade nos meses de janeiro e fevereiro. As Linhas de Instabilidade (LI) geram chuvas principalmente em fevereiro e março, sendo que a proximidade da ZCIT contribui para o incremento das mesmas (ZANELLA e MELLO, 2006).

Os Processos Convectivos de Meso-escala (CCM) atuam no período chuvoso e ocorrem de forma isolada, estando geralmente associados a dias de chuvas extremas. As ondas de leste provocam chuvas principalmente nos meses de junho e julho (ZANELLA e MELLO, 2006). Além desses sistemas, as brisas podem influenciar na formação de chuvas na área costeira. Assim sendo, os maiores índices pluviométricos de Fortaleza ocorrem no primeiro semestre do ano (fevereiro a maio).

Este comportamento ou padrão climático estacional pode estar também, relacionado ao fenômeno “El Niño” que, ao favorecer uma posição da ZCIT mais ao Norte e por um maior período de tempo, prolonga, desta forma, a vigência da estação seca (ZANELLA e MELLO, 2006).

O fenômeno El Niño sistema oceânico-atmosférico caracteriza-se como o aquecimento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico, entre a Indonésia e a América do Sul, ocorrendo em intervalos de aproximadamente 3 a 5 anos (ZANELLA, 2006). Entre as anomalias climáticas causadas por esse aquecimento no Brasil têm-se anos com chuvas intensas nas regiões sul e sudeste do país, durante os meses de dezembro a março e no Nordeste períodos com secas prolongadas, principalmente durante dos meses de fevereiro a maio.

#### **1.4.2 Regime Térmico**

O regime térmico da região é caracterizado por temperaturas elevadas e amplitude térmica sazonal reduzida. A temperatura média anual do município é de 26,8 °C, com máximas de 27,6 °C e mínimas de 26°C, o que corresponde a uma amplitude térmica anual aproximada de 1,6°C (FUNCEME, 2008) (Figura 05).

A insolação média mensal é de 239 horas (Figura 05), o que equivale a uma incidência solar média de 8 horas / dia. Durante o período de chuvas esse valor diminui, e a média passa a valores de 6 horas / dia (FUNCEME, 2008).

### **1.4.3 Regime de Ventos Locais**

O regime eólico na costa cearense é marcado pela ação dos alísios que atingem a costa com direção predominante SE e NE, e com menor frequência, de componente NE durante o primeiro semestre do ano. A interação do alísio de SE com as brisas marítimas e terrestres que se formam diariamente com direção paralela à linha de costa, produz uma direção final do vento largamente orientada para leste (Figura 05).

Segundo Maia (1998), a variação anual do regime eólico apresenta um ciclo bem marcado, com velocidades mais baixas durante o período de chuvas, primeiros meses do ano, e mais elevadas durante o segundo semestre. Este padrão coincide com o ciclo geral de variação controlado pela migração da ZCIT.

Os ventos atuantes em Fortaleza apresentam velocidades médias anuais de 3,8 m/s, tendo maior velocidade no mês de setembro, quando podem chegar a 5 m/s (FUNCEME, 2008) (Figura 05).

## **1.5 Tipos de Solos**

Na área de estudo pode-se identificar e classificar algumas classes de solos relacionadas diretamente com o tipo de relevo associado. Utilizamos para uma análise e identificação de melhor qualidade o mapa de solos de Fortaleza e identificações feitas em campo durante a realização deste trabalho.

### **1.5.1 Argissolos Vermelho-Amarelos**

Os argissolos vermelho-amarelos são solos caracterizados por apresentarem perfis profundos e muito profundos com seqüência de horizontes A, Bt e C, textura média e argilosa. Quimicamente são solos ácidos à moderadamente ácidos, e podem apresentar baixa ou alta fertilidade natural, sendo assim distróficos (desprovidos de reservas de nutrientes), ou eutróficos (quando possuem melhores condições de fertilidade) (PEREIRA e SILVA, 2005).

Em Fortaleza, ocorrem predominantemente na zona costeira, em relevo plano a suavemente ondulado, nos domínios dos sedimentos da Formação Barreiras, abrangendo a quase totalidade do município. Sua coloração é muito variada, indo desde tonalidades vermelho-amareladas até bruno - acinzentadas (Figura 06).

### **1.5.2 Gleissolos**

Agrupam solos hidromórficos e salinos (halomórficos) com perfis do tipo A-C. Suas características morfológicas como cor, textura, são muito variáveis entre as diversas camadas que ficam em seqüência, abaixo do A.

Quimicamente possuem teores muito elevados de sais, que comprometem a sua fertilidade, tornando-os impróprios para o cultivo. Além dos sais, que são provenientes do mar, também se formam compostos de enxofre, sobretudo nos locais onde a presença de matéria orgânica é maior. São formados por sedimentos muito finos de deposição Quaternária misturados com detritos orgânicos. A vegetação que abriga esses solos varia principalmente da vegetação de várzea (Matas Ciliares) a vegetação de mangue (PEREIRA e SILVA, 2005).

São encontrados em Fortaleza nas zonas costeiras e litorâneas, especialmente nas desembocaduras dos principais rios (Pacoti, Cocó e Ceará) e ao longo de seus cursos, até onde se faz sentir os efeitos das marés. (Figura 06).

### **1.5.3 Neossolos Flúvicos**

Solos pouco evoluídos, profundos a muito profundos com perfis comumente apresentando um horizonte A sobreposto a um C quase sempre composto por uma seqüência de várias camadas diferenciadas, sobretudo pela textura e granulometria, e que não guardam, entre si, relações genéticas. Possuem alta fertilidade natural, dotados de grande potencial para o uso agrícola (PEREIRA e SILVA, 2005). Possuem horizontes de coloração pálida, variegada ou com mosqueados abundantes (SANTOS et al, 2006).

Ocorrem de preferência em áreas de várzea ocupando as partes marginais dos cursos d'água, onde são formados por sedimentos não consolidados, argilosos, siltosos e arenosos, oriundos de deposições fluviais quaternárias. Nelas se destaca a vegetação de várzea incluindo matas-galerias e penetrações e espécies de caatinga (PEREIRA e SILVA, 2005). Também, ocorrem de forma significativa em Fortaleza acompanhando o fluxo das drenagens que dissecam a área (Figura 06).

#### **1.5.4 Neossolos Quartzarênicos**

Solos arenosos constituídos essencialmente por grãos de quartzo, pouco desenvolvidos, profundos e muito profundos, excessivamente drenados, com perfis compostos por horizontes A e C. Apresentam cores acinzentadas-claras (esbranquiçadas) ou ainda amarelada e vermelho-amarelada. Quimicamente são de baixa fertilidade natural (distróficos), e forte à moderadamente ácidos. Sua coloração é ligeiramente escura no A, passando a amarelada ou cinzenta claro no C. são solos pobres, praticamente sem reservas de nutrientes e de baixa capacidade de retenção de água para as plantas (PEREIRA e SILVA, 2005). Ocorrem principalmente nas praias, dunas e setores de tabuleiros costeiros.

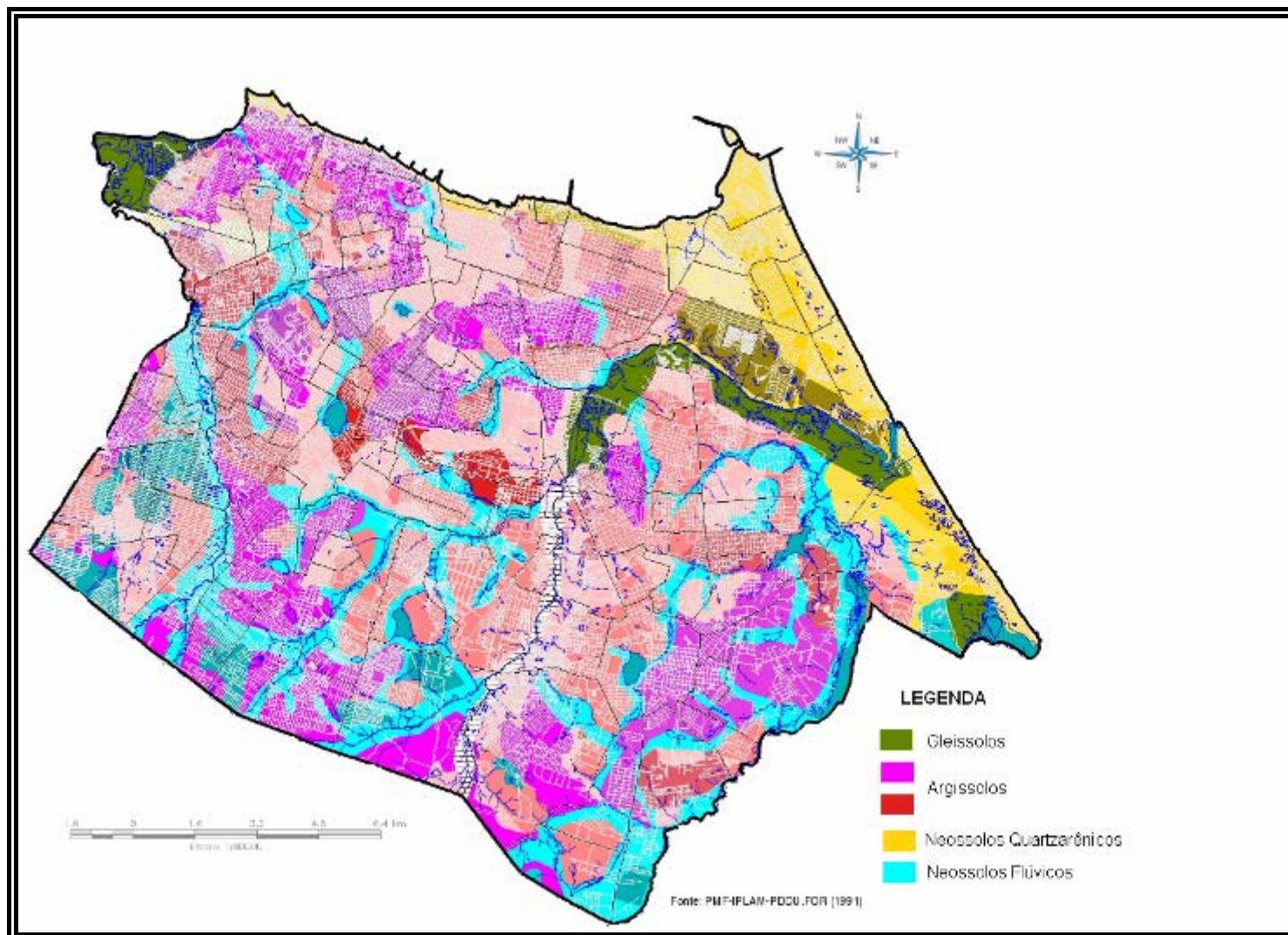


Figura 06 - Mapa de solos de Fortaleza. Fonte: PMF (PDDU-1991).



## 1.6 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal da faixa costeira da cidade de Fortaleza possui dimensões relacionadas ao município em geral, ou seja, a quase totalidade da vegetação foi destruída ou substituída por vegetação antrópica. Na área em estudo as porções mais preservadas encontram-se na faixa das praias de Sabiaguaba (Figura 07) e setor sudeste da Praia do Futuro, setores esses de predomínio geomorfológico das dunas fixas e a vegetação de mangue associada aos rios Pacoti, Cocó e Ceará. Essa vegetação ocorre associada aos tipos de solos correspondentes as unidades ambientais que as compõem.

### 1.6.1 Vegetação de Dunas

Nas áreas de dunas localizadas mais próximas ao mar (dunas do tipo frontais) apresentam em sua cobertura espécies como: salsa-da-praia (*Ipomoea pés-caprae*) (Figura 08), bredo-da-praia (*Iresine portulacoides*), capim-da-praia (*Paspalum vaginatum*) (Figura 09) e cipó-da-praia (*Remirea marítima*) (BRITO et al, 2006), caracterizando-se, assim por desenvolver uma vegetação pioneira, onde predominam gramíneas e várias espécies rasteiras que atuam como agentes fixadores contra o processo de deflação.

As dunas fixas edafizadas ou em processo de edafização, onde se desenvolve perfil de solo, situam-se à retaguarda das áreas mencionadas acima, e apresentam um revestimento vegetal de porte arbóreo como murici (*Byrsonima cerícea*) (Figura 10) e cajueiro (*Anacardium occidentale*).



Figura 07 - Cobertura vegetal arbóreo-arbustiva encontrada fixando o campo de dunas da Sabiaguaba. Foto: Mônica Pinheiro (Agosto/2008).



Figura 08 - Cobertura vegetal (salsa da praia) encontrada fixando dunas frontais na Praia do Futuro. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).



Figura 09 - Principais tipos de vegetação encontrada nos campos de dunas da Sabiaguaba - Capim da praia. Foto: Mônica Pinheiro (Agosto/2008).



Figura 10 - Principais tipos de vegetação encontrada nos campos de dunas da Sabiaguaba – Murici. Foto: Mônica Pinheiro (Agosto/2008).

Consideradas como um excelente aquífero, as dunas possuem um papel de destaque no suprimento de água potável. Neste aspecto e na proteção contra os efeitos da ação dos ventos, o revestimento vegetal assume importante função na manutenção do equilíbrio desses ambientes, sendo considerada de preservação permanente por força da Lei nº 4.771 – Art.2º, de 15 de Setembro de 1965, que institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Em Fortaleza, as dunas fixas ocorrem em setores como a leste da cidade nas áreas de dunas de Sabiaguaba, porções da Praia do Futuro e próximas ao rio Cocó, em bairro homônimo.

### 1.6.2 Manguezais

Na região metropolitana de Fortaleza, os principais manguezais são aqueles associados aos rios Ceará, Cocó e Pacoti (Figura 11).

O mangue dos rios metropolitanos tem sua vegetação florestal constituída por três espécies: a *Avicennia shaueriana* (família das *Verbenaceas*), a *Laguncularia racemosa* (família das *Combretaceas*) e a *Rhizophora mangle* (família das *Rhizophoraceas*). Todas as três espécies encontram-se no dossel superior, com uma altura média de 6,20m, sendo a mais alta a *Rhizophora mangle* com cerca de 7,50m. A *Laguncularia shaueriana*, destaca-se por sua abundância representando 81,76% dos indivíduos deste ecossistema, apresentando ainda a maior dominância, frequência, valor de importância e valor de cobertura (FORTALEZA, 2003).

## 1.7 Recursos Hídricos

As planícies fluviais presentes na área de estudo podem ser divididas em duas. A bacia da vertente marítima com riachos de dimensões menores, dos quais fazem parte: riacho Maceió-Papicu, riacho Pajeú e riacho Jacarecanga. Por outro lado em Fortaleza encontramos rios com maior porte como o rio Pacoti, rio Cocó e rio Ceará.

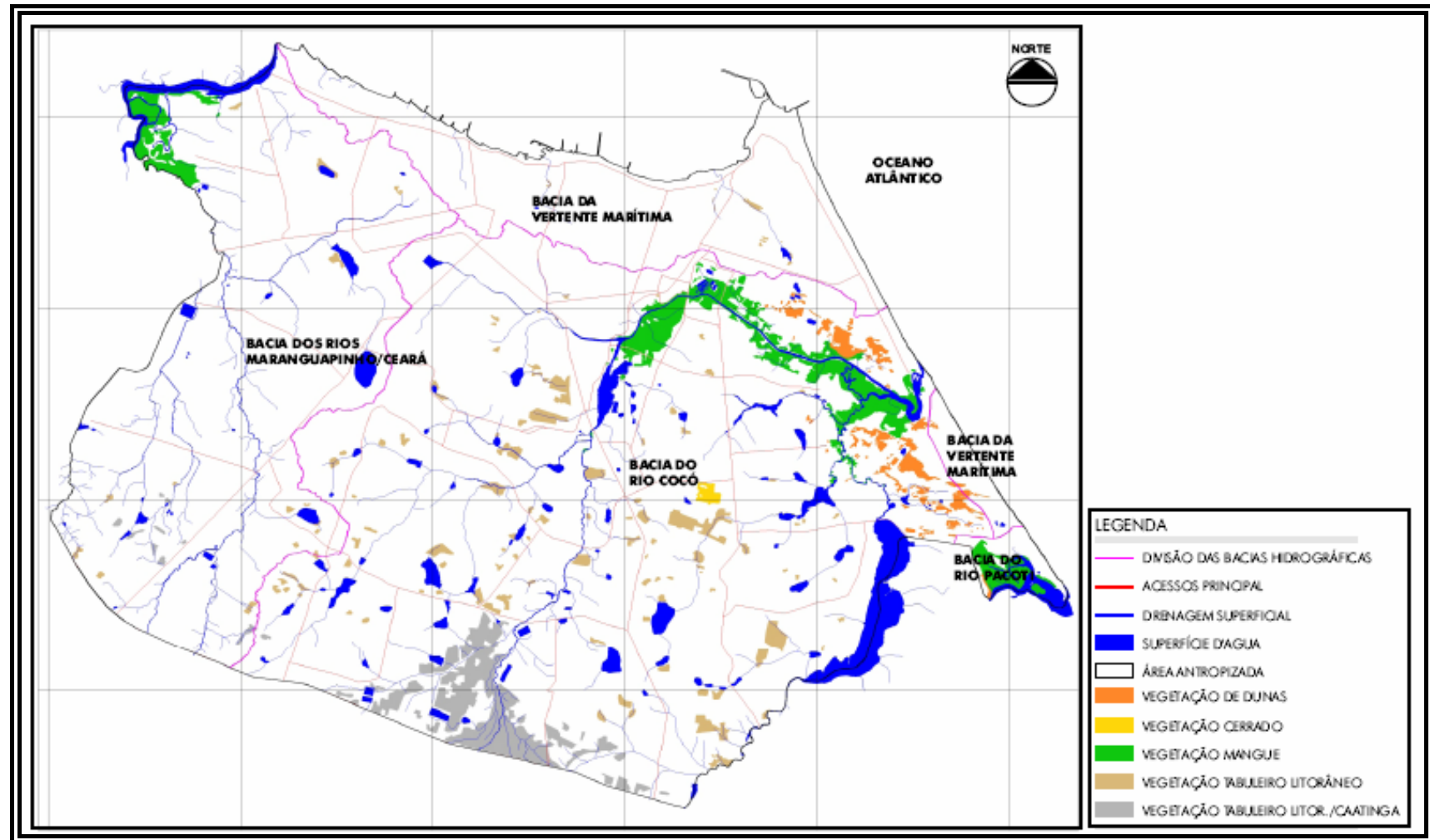


Figura 11 - Mapa da cobertura vegetal de Fortaleza. Inventário Ambiental de Fortaleza (2003).

As áreas estuarinas ou de planícies flúvio-marinhas, que se caracterizam pela mistura de água doce e água salgada, são ambientes mistos criados pela atuação conjunta de processos continentais e marinhos, muito ricos em matéria orgânica e que sustentam a vegetação típica dos mangues, denominada de manguezais. Sua distribuição estende-se, também, para montante dessas áreas, acompanhando os cursos d'água até onde se faz sentir os efeitos da penetração das marés, e formam faixas de transição com as florestas ribeirinhas. As planícies flúvio-marinhas em Fortaleza estão associadas aos manguezais dos rios Pacoti, Cocó e Ceará.

### **1.7.1 Bacias da Vertente Marítima**

A bacia da Vertente Marítima, a única totalmente inserida no município, compreende a faixa de terra localizada entre as desembocaduras dos Rios Cocó e Ceará, com topografia favorável ao escoamento das águas para o mar. A Vertente Marítima é composta por diversas pequenas bacias, que apresentam todos os rios com nascentes na zona costeira de Tabuleiros, sendo sua área de contribuição de 34,54 km<sup>2</sup> (FORTALEZA, 2003).

#### **1.7.1.1 Riacho Maceió-Papicu**

O riacho Maceió tem sua origem na região do bairro Papicu, em um complexo lagunar que tem como principal reservatório a Lagoa do Papicu, situada em terras baixas e arenosas, ao sopé das dunas daquela área. Os tributários do riacho Maceió são pequenos córregos, dispersos pelas regiões baixas dos bairros do Mucuripe e da Aldeota.

Além de escoadouro das águas pluviais das áreas urbanas que atravessa, muitas vezes serve de esgoto sanitário das inúmeras residências que margeiam seu leito.

Este curso fluvial tem um percurso com cerca de 3 km, correndo ao natural e em canal a céu aberto, estando os 800 metros iniciais canalizados. (FORTALEZA, 2003). Deságua na praia da Volta da Jurema, margeando as dunas na maior parte do seu percurso.

### 1.7.1.2 Riacho Pajeú

O riacho Pajeú tem suas nascentes, hoje aterradas para a implantação de edifícios sobre o leito natural, situam-se no bairro da Aldeota. Com cerca de 5 km de extensão, escoam em galerias, canal a céu aberto e pequenos trechos em leito natural, desaguando na Praia de Iracema (FORTALEZA, 2003).

O riacho Pajeú foi um importante recurso hídrico da cidade de Fortaleza no início de sua colonização. Hoje, se restringe a pequenos trechos “sufocados” pela malha urbana da cidade. Esquecido pelo poder público e desconhecido pela população, o riacho Pajeú drena trechos de elevada densidade urbana como o centro da cidade e em alguns segmentos segue seu curso dentro de equipamentos urbanos privados como estacionamento de carros na Rua Pedro Borges, no bairro do Centro (Figura 12).



Figura 12 - Riacho Pajeú em seu trecho murado na Rua Pedro Borges dentro de estacionamento privado para carros da capital. Fotos Mônica Pinheiro (Abril/2009).

### 1.7.1.3. Riacho Jacarecanga

O riacho Jacarecanga com 2,02 km de extensão, nasce nas proximidades do cruzamento da Avenida Bezerra de Menezes com a Rua 14 de Abril indo desembocar no mar, na Praia do Kartódromo, bairro do Pirambu (FORTALEZA, 2003).

À exemplo do riacho Pajeú, o Jacarecanga não faz parte do ambiente de Fortaleza como na época do processo de colonização e ocupação de Fortaleza. Drena pequeno trecho da cidade e encontra-se praticamente esquecido pela gestão municipal, servindo somente como local para destino final de lixos e esgotos por onde passa. Apresenta-se quase que totalmente canalizado restando alguns setores como é o caso do pequeno trecho da Avenida Francisco Sá, no bairro Jacarecanga, onde ainda se visualiza seu leito comprimido e suas margens ocupadas por habitações e comércios. (Figura 13).



Figura 13 - Riacho Jacarecanga, no trecho não canalizado da Avenida Francisco Sá, no bairro Jacarecanga. Fotos Mônica Pinheiro (Abril/2009).

## 1.7.2 As Grandes Bacias Hidrográficas de Fortaleza

### 1.7.2.1 Rio Pacoti



O rio Pacoti nasce na vertente nordeste oriental da Serra de Baturité e possui um curso de cerca de 130 km, com orientação sudoeste-nordeste. A maior parte do seu trecho (médio e alto cursos) está contida em terrenos cristalinos e, ao penetrar na Região Metropolitana de Fortaleza, após constituir parte de seu limite sudeste, passa a drenar terrenos sedimentares (Formação Barreiras e dunas), onde forma amplas faixas aluvionares (CEARÁ, 1994). Deságua entre as praias de Praia de Sabiaguaba em Fortaleza e Porta das Dunas no Município de Aquiraz, limite leste de Fortaleza.

Antes de chegar à Fortaleza, onde ele drena apenas 1,3% do município, atravessa os municípios de Palmácia, Redenção, Acarape, Guaiúba e Aquiraz (FORTALEZA, 2003). Sua bacia fluvial apresenta uma superfície de 1.800 Km<sup>2</sup> (CEARÁ, 1994).

### **1.7.2.2. Rio Cocó**

O rio Cocó nasce na serra da Aratanha e percorre cerca de 50 km, apresentando em seu percurso duas direções predominantes N e E (no alto e médio curso), até desembocar no Oceano Atlântico na praia do Caça e Pesca (Praia do Futuro) (Figura 14). Compreende as áreas dos Municípios de Fortaleza, Aquiraz, Maranguape e Pacatuba. É o principal recurso hídrico do Município de Fortaleza com um percurso de 25 km dentro do município (FORTALEZA, 2003).

A bacia do Rio Cocó abrange 2/3 da área de Fortaleza. O rio drena pequena parcela de terrenos cristalinos, mas tem a quase total extensão da bacia, entalhando os sedimentos Barreiras. Representa uma bacia de drenagem exorréica composta por diversos pequenos afluentes, sendo característica a ocorrência de meandros divagantes e bancos fluviais (CLAUDINO-SALES, 1993).

No rio Cocó, a influência da maré penetra até cerca de 20 km além de sua foz (CLAUDINO-SALES, 1993), formando uma zona estuarina caracterizada por expressivo bosque de manguezal, ainda parcialmente preservado no setor mais próximo do mar.

O rio Cocó, possui em sua bacia o açude Gavião que, junto aos açudes do rio Pacoti e do açude Pacajús, construído no rio Choró, constituem os mananciais do sistema de abastecimento de água de Fortaleza e outras cidades da Região Metropolitana. Ocorrem, ainda em seu baixo e médio curso a presença de dunas e lagoas perenes e intermitentes, com

destaque no eixo do rio Coaçu, as lagoas da Precabura, Sapiranga e Messejana (FORTALEZA, 2003).

### **1.7.2.3. Rio Ceará**

Nasce na serra de Maranguape, percorrendo, aproximadamente 60 km na direção NO-NE, até desembocar no Oceano Atlântico. Sua bacia fluvial, com cerca de 900 Km<sup>2</sup>, abrange parte dos municípios de Maranguape, Caucaia e Fortaleza. Possui como principal afluente o rio Maranguapinho, localizado na sua margem direita, a aproximadamente 7 km da sua foz (CEARÁ, 1994).

A exemplo do rio Cocó, o rio Ceará tem uma drenagem exorréica de padrão dendrítico, com ocorrência de meandros divagantes e pequenas ilhas (CLAUDINO-SALES, 1993).

Composta por cursos d'água de caráter intermitente (FORTALEZA, 2003), que fluem somente durante a época das chuvas, essa bacia apresenta fluviometria semi-perene apenas no trecho do Rio Ceará que sofre a penetração das marés, formando um estuário composto pela vegetação de mangue. Localizada na porção oeste de Fortaleza, a Bacia do Maranguapinho/Ceará (Figura 14) possui 84,73 km<sup>2</sup>, sendo a segunda bacia hidrográfica em extensão do município, com 15,5 km (FORTALEZA, 2003).

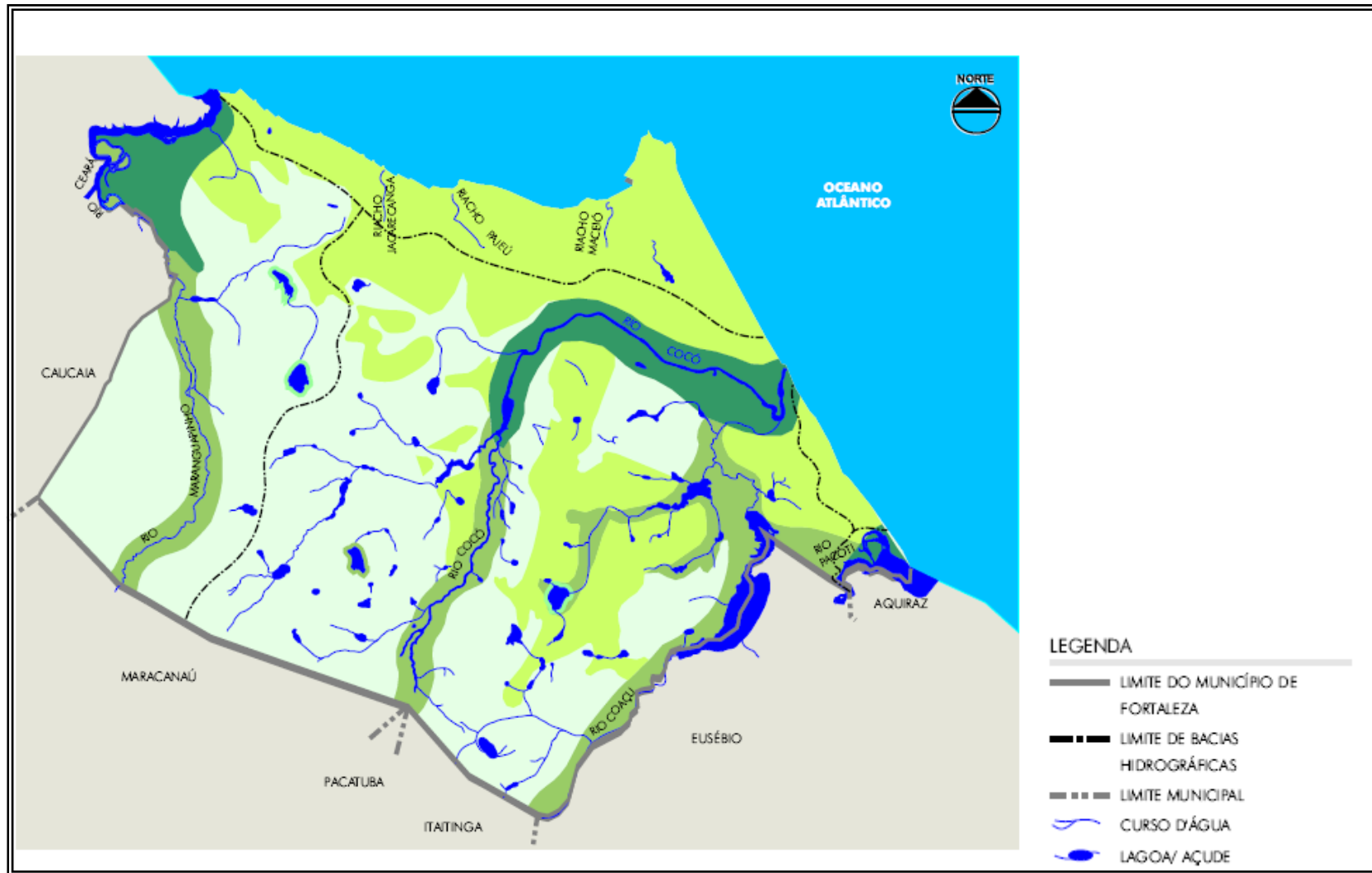


Figura 14 - Mapa das bacias hidrográficas da cidade de Fortaleza. Inventário Ambiental de Fortaleza (2003).

## Capítulo 2 - Metodologia e Técnicas Utilizadas

---

### 2.1. A Abordagem Teórico-Metodológica

A perspectiva metodológica para análise dos campos de dunas da zona costeira de Fortaleza, levou em consideração a complexidade da problemática do ambiente de dunas da cidade, que integra em seu bojo aspectos naturais e sociais, fundamentais no entendimento da paisagem.

O estudo tomou como referência a análise geoambiental, de inspiração geossistêmica, que conduz ao estudo das relações de interdependência existentes entre os componentes do meio natural e social, adaptando assim a análise geossistêmica proposta por Bertrand (1968) e Sotchava (1977). Isto quer dizer, não implicou na realização de todas as etapas indicadas por Sotchava (1977), tais como definição de geótopos, geócoros, etc, mas sim, em uma análise interativa geral dos elementos naturais entre si e destes com os usos sociais.

Os fundamentos metodológicos da análise geoambiental têm como diretriz principal a análise integrada da paisagem, de forma a permitir uma concepção globalizante e funcional do espaço, através do estudo das inter-relações entre os diversos elementos que a compõem como indicado por Rodrigues e Silva (2002).

Nesse sentido, se reconstituiu a configuração da zona costeira, compreendendo a gênese e a distribuição pretérita das dunas, suas principais fontes de sedimentos, mecanismos de transporte de sedimentos, tipologia atual, permitindo classificá-las nas suas diferentes gerações, além de possibilitar a realização de análises comparativas com outras áreas de dunas encontradas em ambientes já urbanizados.

A abordagem geohistórica, inovadora, pretendeu recapitular, do ponto de vista histórico, o processo de ocupação social do espaço, porém, dando relevo às alterações no meio natural. Essa abordagem foi trabalhada no presente estudo, através da análise e interpretação de documentos históricos (bibliográficos e iconográficos), que trazem informações de cunho geográfico exposta por viajantes e estudiosos no início do processo de ocupação das cidades brasileiras, sobre aspectos gerais relativos ao relevo, clima, fauna e flora encontrados.

Essas informações possuem caráter descritivo, baseadas principalmente em observações com relação à natureza dos locais então descobertos. Tal abordagem ainda não se configura como método comumente adotado, porém, coloca-se como fundamental para elaborar a base de dados utilizada na presente pesquisa.

A partir dessa perspectiva, utilizou-se documentos antigos como livros, relatos de viajantes e acervos iconográficos de diferentes períodos, com intuito de resgatar os cenários litorâneos pretéritos da cidade de Fortaleza, já descritos desde o início do seu processo de ocupação, com especial ênfase aos campos de dunas.

Assim, para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizadas técnicas associadas aos princípios metodológicos, que possibilitaram a compreensão da evolução e morfologia das paisagens dunares na área de estudo, compartimentada nos aspectos evolutivos e funcionais.

As atividades foram divididas em três etapas: atividades de gabinete, levantamentos de campo, além das atividades de laboratório, descritas a seguir.

## **2.2. Técnicas Utilizadas**

### **2.2.1. Atividades de Gabinete**

Esta etapa delineou-se com um levantamento bibliográfico detalhado e específico do tema e a da área de estudos abordados desde a configuração primordial da zona costeira de Fortaleza, que constam na literatura científica nacional e estrangeira. Também, foi feita a coleta de dados científicos antigos relacionados à pretérita presença das dunas em Fortaleza e pesquisa de diagnósticos sócio-ambientais em órgãos competentes, relacionados ao quadro de uso e ocupação atuais.

Foram analisados nessa etapa mapas geológicos e geomorfológicos disponíveis, como o mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza (Brandão, 1995), carta imagem de radar, mapas do Radambrasil (BRASIL, 1981), folha Fortaleza (1:1.000.000), mapas temáticos do IPLANCE (2002 - 2004) e da Prefeitura Municipal de Fortaleza (2006) (climáticos, pedológicos e altimétricos, uso e ocupação etc.).

Para a composição dos mapas foram utilizadas Imagens de Satélite *Quickbird* (2003 e 2004), assim como imagens de satélites disponíveis no software *Google Earth* empregadas como subsídio para uma melhor interpretação, trabalhadas no software *MicroStation SE*, plataforma *Image Analyst*. Também, utilizou-se na confecção dos mapas, fotografias aéreas na escala de 1:25.000 do ano de 1958, pertencente ao acervo da CPRM que serviram como base para o mapeamento das dunas no período de 1958.

Além destas utilizou-se de Fotografias aéreas de Fortaleza dos Projetos Aerofotos Nordeste (2002) e Ortofotos (2001), assim como cartas topográficas de Fortaleza oriundas do projeto LEGFOR (SEINF/PMF, 2003).

Por fim, nesta etapa mapeou-se a área de ocupação pretérita das dunas (ano de 1958) da faixa litorânea de Fortaleza, subdividida em três setores: Sabiaguaba, Praia do Futuro e setor oeste, a fim de proporcionar uma análise mais didática e detalhada do componente estudado e a área ocupada atualmente por essas formas em tais setores para efeito de comparação (Imagens de Satélite *Quickbird* 2003 e *Google Earth* 2008), então propostos nos objetivos do projeto de pesquisa. Salienta-se que, o mapeamento de detalhe, mostrando a regressão dos campos de dunas na cidade de Fortaleza representa o primeiro trabalho efetuado nestes termos para Fortaleza.

### **2.2.2. Os Levantamentos de Campo**

Esta etapa consistiu no reconhecimento e identificação das formas dunares móveis, semi-fixas e fixas, e classificação da sua tipologia no litoral de Fortaleza. Também, determinou-se nessa etapa o estágio atual do processo de uso e ocupação e degradação associada na área do campo de dunas em estudo.

Além disso, identificou-se a distribuição pretérita do campo de dunas já antropizado, em segmentos urbanos nos quais os atributos naturais primários ainda persistem.

Nesta etapa, também, delineou-se a coleta das amostras para posterior datação no Laboratório de Vidros e Datação da Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC. Nesse momento, foram coletadas duas amostras em diferentes pontos de dunas fixas de Fortaleza, através de tubos de PVC na cor preta a profundidades de 1,0 e 1,5 metros. Essa atividade de coleta foi realizada no âmbito do projeto de pesquisa do Laboratório de Geomorfologia Ambiental, Costeira e Continental – LAGECO, do Departamento de Geografia da UFC,

coordenado pela Profa. Pós Dra. Vanda Claudino-Sales, no qual a nossa pesquisa para desenvolvimento dessa dissertação de mestrado está associada, constando no relatório da citada pesquisa com a referência (Claudino-Sales e Pinheiro) para a amostra 1 e (Pinheiro e Claudino-Sales) para a amostra 2.

Por fim, fez-se os registros fotográficos das características topográficas e morfométricas em diferentes pontos, além da determinação das coordenadas geográficas do elemento abordado e estudado ao longo do desenvolvimento do tema de pesquisa proposto.

### **2.2.3. Os Procedimentos de Laboratório**

Esta etapa se refere ao procedimento relativo à datação efetuada em duas amostras de dunas fixas de Fortaleza, pelo método Luminescência Ópticamente Estimulada - L.O.E, cujo resultado foi recebido em Julho de 2009. O primeiro ponto escolhido foi uma duna fixa próximo ao rio Cocó entre as avenidas Sebastião de Abreu e avenida Pe. Antônio Tomás, no Bairro Cocó, posicionada nas coordenadas UTM 557807.50 e 9585705.05 S.

A segunda amostra foi coleta em duna fixa na praia de Sabiaguaba a 13 km do centro da cidade de Fortaleza nas coordenadas UTM 562093, 9581426.95 S.

Os equipamentos utilizados na análise foram:

- Análise da dose acumulada – Equipamento utilizado: TL/OSL Automated Systems, Model 1100-series Daybreak Nuclear Instruments Inc.
- Análise da dose anual – Equipamento utilizado: Canberra Inspector Portable Spectroscopy Workstation (NaI – Tl)

#### **2.2.3.1 Experimentação do método de dados por TL e LOE (TL / OSL *dating*)**

Na natureza, os minerais estão sendo continuamente expostos às radiações ionizantes, que se originam dos raios cósmicos e de radioisótopos que estão no solo. Essas radiações provocam no cristal uma série de defeitos, que podem armazenar cargas (elétrons e lacunas). Quando o cristal é aquecido ele pode emitir luz, que é denominada TL, devido à recombinação das cargas. A intensidade da TL é proporcional à concentração de cargas

aprisionadas e este por sua vez é proporcional à dose da radiação depositada e também pelo tempo em que o cristal ficou exposto à radiação ionizante (UNESP, 2008).

A L.O.E é a luz emitida quando o cristal sofre uma excitação óptica, não térmica como na TL (Figura 15).

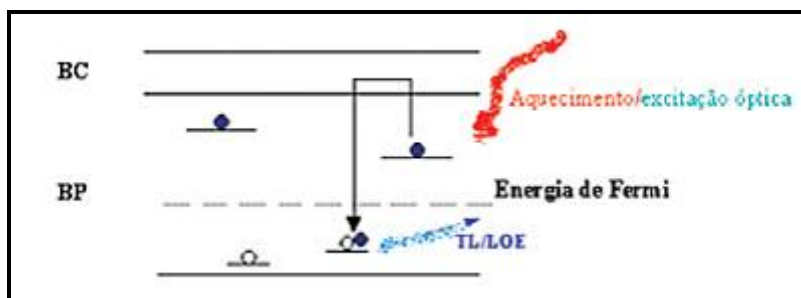


Figura 15 - Desenho esquemático do processo da L.O.E

Os cristais mais usados na datação por TL e LOE são o quartzo e o feldspato.

A incerteza no valor das idades depende da reprodutibilidade dos cristais contidos na amostra, em geral é de aproximadamente 10%, quando a amostra contém uma concentração grande de água (>15%) esta incerteza pode aumentar para 20%.

As amostras coletadas passaram por diferentes etapas para obtenção da idade, descritas a seguir:

### 2.2.3.2 Preparação das amostras

Os tubos são abertos em ambiente de luz vermelha na extremidade interna de inserção que deve ser indicada. Posteriormente passam por um tratamento químico com  $H^2O^2$ , HF (20%) e finalmente HCl (20%), sendo que as lavagens intermediárias são efetuadas com água destilada. Após tratamento químico as amostras são secas e peneiradas separando em uma fração granulométrica na faixa de 100-160  $\mu m$  (100-60 Tyler), obtendo assim material Natural (quartzo/feldspato) isentos de materiais orgânicos e/ou metais pesados, e com granulometria bem homogênea.

### 2.2.3.3 Preparação das amostras para análise de TL / OSL

A partir da amostra de material Natural é separada uma porção que é submetida à radiação solar por um período de aproximadamente 20 dias para decaimento Residual (TL / OSL). Desta porção são separadas várias amostras que são irradiadas (fonte de  $60Co$  ( $455Ci$ ))



em várias doses pré-definidas (Gy), que devem estar próximas a dose acumulada Natural para montagem da curva de calibração.

#### **2.2.3.4 Determinação da Dose Acumulada Natural**

O equipamento utilizado foi o TL/OSL Automated Systems, Model 1100-series Daybreak Nuclear Instruments Inc.

O método de regeneração total é usado para determinar a dose acumulada da amostra, neste método são medidas as intensidades de LOEnat e as LOEres + irradiação (estes últimos com doses pré-estabelecidas de radiação ionizante conhecidas), o sinal de LOE é obtido através de excitação por leds azuis e a medida se dá em uma temperatura de 120°C. O ajuste dos pontos experimentais da LOE são extraídos através da área da curva de decaimento e sua extrapolação nos fornece o valor da dose acumulada (em Gy) quando comparado com os valores de doses conhecidas.

#### **2.2.3.5 Determinação da Dose Anual**

Nessa etapa o equipamento utilizado foi o Canberra Inspector Portable Spectroscopy Workstation (detector: NaI – Tl). As amostras sem nenhum tratamento são colocadas em um recipiente plástico (dimensões: 5 cm de diâmetro e 2 cm de altura) em um espectrômetro para coleta de dados por 24 horas, este equipamento faz uma varredura completa de energia e nos fornece uma relação de Contagem versus Energia.

Após a coleta de dados, a partir do gráfico de Contagem versus Energia são extraídos os valores de intensidade de contagem referentes a energia dos elementos U (Urânio), Th (Tório), K (Potássio). Levando em conta também a radiação cósmica é então calculada a dose anual usando a equação abaixo.

Finalmente tem-se a Idade da amostra com a relação:

$$Idade(anos) = \frac{DoseAcumuladaNatural(Gy)}{DoseAnual(Gy / ano)}$$

Os dados relativos à datação das duas amostras de dunas constam em anexo. Salienta-se que o dado obtido nessa etapa de laboratório representa a primeira datação de dunas na cidade de Fortaleza.

## Capítulo 3 – As Unidades Morfológicas da Paisagem Natural

---

### 3.1. Os Tabuleiros Costeiros em Fortaleza

No Município de Fortaleza, a Formação Barreiras (ver item 1.1.) aflora formando manchas dispersas entre a faixa de dunas atuais e dunas urbanizadas (Figura 16). Em direção ao continente, apresenta-se de forma mais contínua e topograficamente de forma tabular, justificando então a denominação de Tabuleiros pré-litorâneos ou costeiros. A Formação Barreiras está sobreposta ao embasamento cristalino de forma discordante erosiva.

Segundo Moura-Fé (2008), um dos melhores perfis da Formação Barreiras no contexto da cidade de Fortaleza pode ser verificado no muro lateral da base aérea da aeronáutica da cidade, à altura do km 1 da BR-116. Nesse setor a rodovia apresenta um declive no sentido N-S, provavelmente em função da dissecação de um canal do rio Cocó localizado nas proximidades.

### 3.2. A Planície Costeira

A linha de costa do Município de Fortaleza apresenta uma extensão de aproximadamente 30 km, banhada pelo Oceano Atlântico. Situa-se entre o rio Ceará e o rio Pacoti, distância que abrange diversas praias, a exemplo das Praias da Sabiaguaba, Futuro, Mucuripe, Meireles, Iracema, Pirambu e Barra do Ceará.

A Planície Costeira de Fortaleza apresenta dois setores distintos, um de orientação SE-NW, na forma de amplo segmento de linha de costa retilinizado, que se estende da foz do Rio Pacoti, no limite do litoral dos Municípios de Aquiraz e Fortaleza, até a ponta do Mucuripe, a partir de onde o litoral muda bruscamente de direção para SE, onde forma a Enseada do Mucuripe, com orientação NE-SW. A partir desta extremidade o litoral assume a direção ESE-NNW (Figura 16).

Tal feição abrange em seus limites formas de relevo específicas referente às praias, dunas e os cordões de rocha de praia ou *beachrocks*.

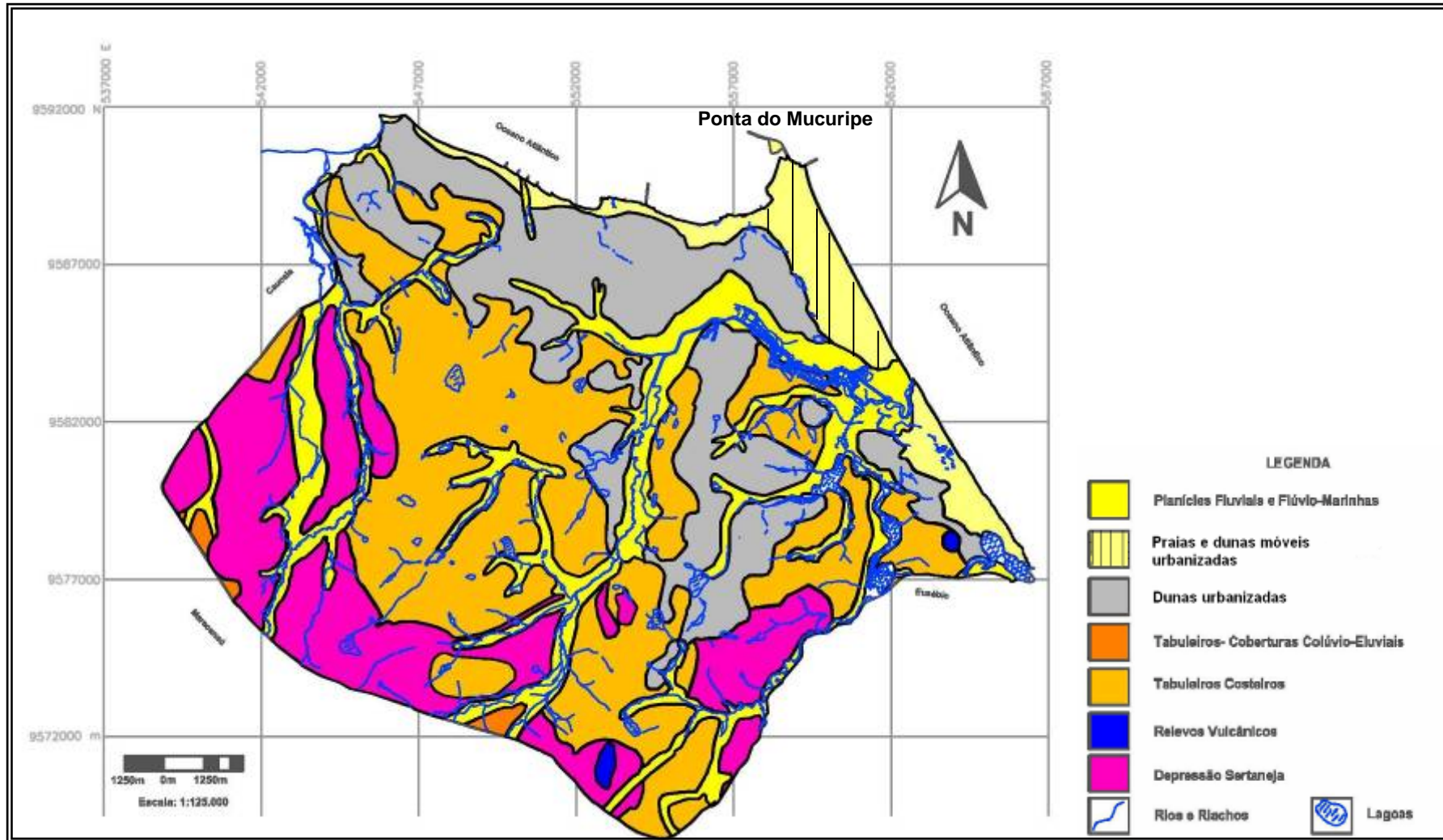


Figura 16 - Mapa Morfoestrutural de Fortaleza (LEGFOR (2003), CPRM (1996,2003)) adaptado por MOURA-FÉ, (2008).

### 3.2.1 Praias

As praias de Fortaleza possuem diferenciações referentes aos setores onde se inserem. As praias localizadas no segmento entre o rio Pacoti à Ponta do Mucuripe apresentam larga faixa de praia e suave inclinação em direção à zona de arrebentação (Figura 17).

Em Sabiaguaba o limite da linha de costa é definido pelas dunas frontais que ocorrem na área na forma de um cordão contínuo acompanhando a linha de costa no sentido SE-NW.

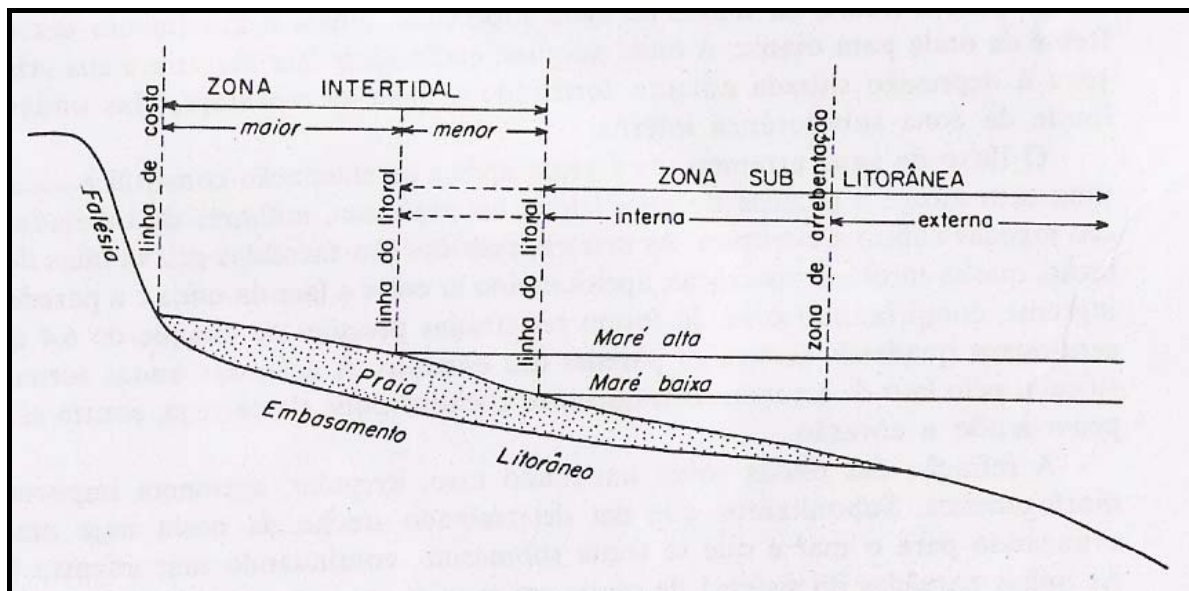


Figura 17 - Desenho esquemático simplificado de um perfil de praia. Fonte: Christoflett, 1974.

No extremo norte da Praia do Futuro, um molhe construído perpendicular à deriva litorânea dos sedimentos, interfere no volume de areia transportando pela deriva litorânea, o que provoca um engordamento contínuo desta faixa de praia (Figura 18). As ondas, as oscilações de marés e ação dos ventos, promovem, preferencialmente, um transporte das areias em direção à face de praia, mantendo uma larga zona de berma, com a presença de areias de granulação mais fina por estarem mais afastadas da influência do rio (Cocó) que deposita sedimentos mais grossos na faixa de praia localizada imediatamente a oeste de seu estuário (Figura 19).

Já as praias localizadas no setor oeste de Fortaleza, ou seja, a oeste da ponta do Mucuripe são mais estreitas e sofrem permanentemente com o avanço da erosão, intensificada com a construção do porto na década de 1940 (Figura 20).

### **3.2.2 Dunas**

As dunas recentes ou móveis são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia. Normalmente ocorrem capeando as gerações de dunas mais antigas, embora, em algumas áreas, estejam assentadas diretamente sobre os sedimentos Terciários da Formação Barreiras, não podendo ser mais completamente definidas (ver capítulo 6). Caracterizam-se pela ausência de vegetação ou pela fixação de um revestimento pioneiro, o qual detém ou atenua os efeitos da dinâmica eólica, responsável pela migração das dunas.

As dunas fixas ocorrem a sotavento das dunas móveis, na forma de um alinhamento quase contínuo (faixa litorânea da Sabiaguaba) e divididas em setores restritos na porção sudeste da Praia do Futuro e no topo do Morro Santa Terezinha no Mucuripe.

As dunas urbanizadas, cuja forma e tipologia localizam-se nas porções ao sul das dunas fixas e dunas móveis, em alguns setores adentram mais ao continente na direção sul do município (Figura 16).

### **3.2.3 Rochas de Praia (*Beach Rocks*)**

Na planície litorânea de Fortaleza tem-se a presença de rochas de praia ou *beachrocks*. Formados por sedimentos de praia, cimentadas por carbonato de cálcio e magnésio, com diagênese média a alta (MAIA, 1998), quase sempre atuam como barreira natural, protegendo as praias dos efeitos da erosão marinha.

Eles localizam-se nas embocaduras dos rios Pacoti, Cocó (Figura 20) e Ceará sempre a jusante da corrente litorânea, e nas das praias da COFECO, Sabiaguaba, Volta da Jurema e Mucuripe (Figura 21). Segundo datação efetuada por Claudino-Sales (2002), única

até hoje, em conchas de rochas de praia da Praia de Sabiaguaba, apresentaram idade  $C^{14}$  de  $2,7\pm 140$  ka.



Figura 18 - Perfil de praia no extremo oeste da Praia do Futuro. Verifica-se a extensa faixa de praia ocasionada pela proximidade com o espigão localizado no bairro Serviluz. Foto: Mônica Pinheiro (Outubro/2008).



Figura 19 - Faixa de praia da Praia do Futuro próximo à foz do rio Cocó onde se verifica a presença de deposição de material mais grosso relacionado à proximidade com o rio. Foto: Mônica Pinheiro (Outubro/2008).



Figura 20 - Praia do Caça e Pesca local onde deságua o rio Cocó com presença de rochas de praia. Foto: Mônica Pinheiro (Outubro/2008).



Figura 21 - Praia do Mucuripe, setor oeste do litoral de Fortaleza. Percebe-se a presença de rochas de praia e uma estreita faixa de praia comparada com a da praia do Futuro. Foto: Mônica Pinheiro (Setembro/2007).

### 3.3 Lagoas Costeiras e Interdunares

Um das feições presentes nos campos de dunas de Fortaleza sejam eles fixos ou móveis, são as lagoas costeiras e interdunares (Figura 22). Como lagoa, pode-se considerar os corpos d'água rasos, de água doce ou salobra, em que a radiação solar pode alcançar o sedimento, possibilitando, conseqüentemente, o crescimento de macrófitas aquáticas em toda sua extensão (ESTEVES, 1998).



Figura 22 - Imagem de satélite com identificação de algumas lagoas de Fortaleza. Fonte: *Google Earth*, 2008.

As lagoas que se formam entre os lençóis de areias ou *sandsheets* – lagoas interdunares - e os outros tipos de dunas móveis não representam as lagoas mais extensas do Estado do Ceará, mas por outro lado, são as mais frequentes. Estas lagoas são em geral de reservas efêmeras ou intermitentes, existindo somente durante a estação chuvosa, porém, também, ocorrem ao longo da zona costeira lagoas interdunares perenes.



A formação das lagoas interdunares se dá pela infiltração das águas das chuvas ou pela elevação do lençol freático dentro dos campos de dunas. A água das chuvas se infiltra facilmente dentro das areias móveis desprovidas tanto de cobertura vegetal, quanto de outro elemento impermeabilizante. A infiltração termina quando ocorre o contato com os sedimentos dunares mais antigos, as paleodunas ou Formação Barreiras, menos permeáveis situados abaixo das dunas móveis atuais ou subatuais (CLAUDINO-SALES, 1993).

Pontilhando a planície litorânea do município de Fortaleza, existem inúmeras lagoas intermitentes e perenes de formas e tamanhos variados, que se distribuem pelos compartimentos geomórficos que compõem a área.

As lagoas intermitentes são, na verdade, resultantes do soerguimento do lençol freático, situando-se, sobretudo nas áreas adjacentes ao estirâncio. As lagoas perenes em grande porte instalam-se sobre a Formação Barreiras, tais como Porangabussu, Maraponga e Parangaba. Outras se dispõem à retaguarda dos cordões de dunas urbanizadas e dunas fixas, na faixa de transição entre estas e a Formação Barreiras, a exemplo das do Papicu, Precabura e Sapiranga (Figura 22).

A análise da formação dessas lagoas interdunares exige a evocação de seus processos e um detalhamento maior dos fatores responsáveis pela sua origem e evolução.

## Capítulo 3 – As Unidades Morfológicas da Paisagem Natural

---

### 3.1. Os Tabuleiros Costeiros em Fortaleza

No Município de Fortaleza, a Formação Barreiras (ver item 1.1.) aflora formando manchas dispersas entre a faixa de dunas atuais e dunas urbanizadas (Figura 16). Em direção ao continente, apresenta-se de forma mais contínua e topograficamente de forma tabular, justificando então a denominação de Tabuleiros pré-litorâneos ou costeiros. A Formação Barreiras está sobreposta ao embasamento cristalino de forma discordante erosiva.

Segundo Moura-Fé (2008), um dos melhores perfis da Formação Barreiras no contexto da cidade de Fortaleza pode ser verificado no muro lateral da base aérea da aeronáutica da cidade, à altura do km 1 da BR-116. Nesse setor a rodovia apresenta um declive no sentido N-S, provavelmente em função da dissecação de um canal do rio Cocó localizado nas proximidades.

### 3.2. A Planície Costeira

A linha de costa do Município de Fortaleza apresenta uma extensão de aproximadamente 30 km, banhada pelo Oceano Atlântico. Situa-se entre o rio Ceará e o rio Pacoti, distância que abrange diversas praias, a exemplo das Praias da Sabiaguaba, Futuro, Mucuripe, Meireles, Iracema, Pirambu e Barra do Ceará.

A Planície Costeira de Fortaleza apresenta dois setores distintos, um de orientação SE-NW, na forma de amplo segmento de linha de costa retilinizado, que se estende da foz do Rio Pacoti, no limite do litoral dos Municípios de Aquiraz e Fortaleza, até a ponta do Mucuripe, a partir de onde o litoral muda bruscamente de direção para SE, onde forma a Enseada do Mucuripe, com orientação NE-SW. A partir desta extremidade o litoral assume a direção ESE-NNW (Figura 16).

Tal feição abrange em seus limites formas de relevo específicas referente às praias, dunas e os cordões de rocha de praia ou *beachrocks*.

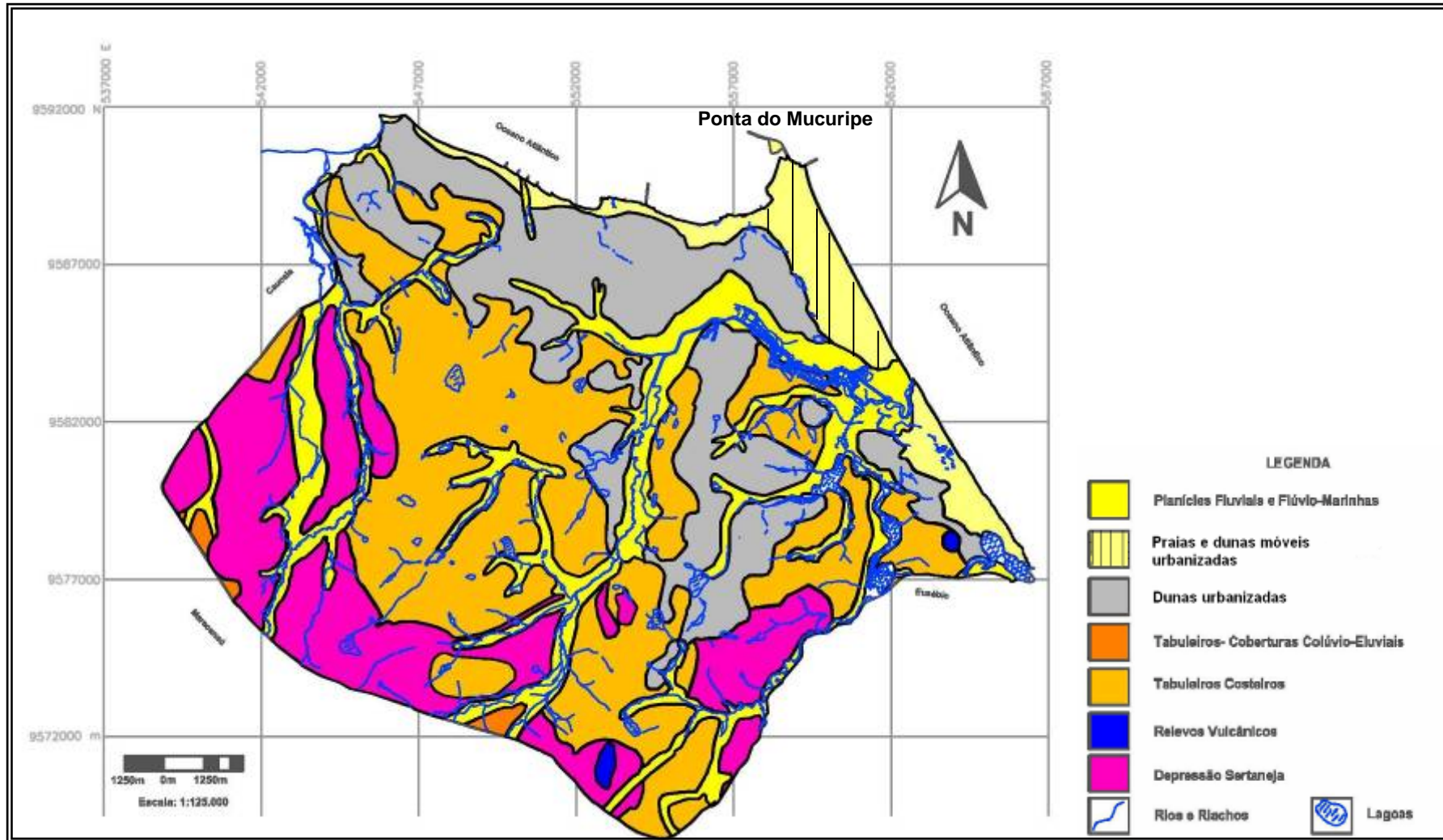


Figura 16 - Mapa Morfoestrutural de Fortaleza (LEGFOR (2003), CPRM (1996,2003)) adaptado por MOURA-FÉ, (2008).

### 3.2.1 Praias

As praias de Fortaleza possuem diferenciações referentes aos setores onde se inserem. As praias localizadas no segmento entre o rio Pacoti à Ponta do Mucuripe apresentam larga faixa de praia e suave inclinação em direção à zona de arrebenção (Figura 17).

Em Sabiaguaba o limite da linha de costa é definido pelas dunas frontais que ocorrem na área na forma de um cordão contínuo acompanhando a linha de costa no sentido SE-NW.

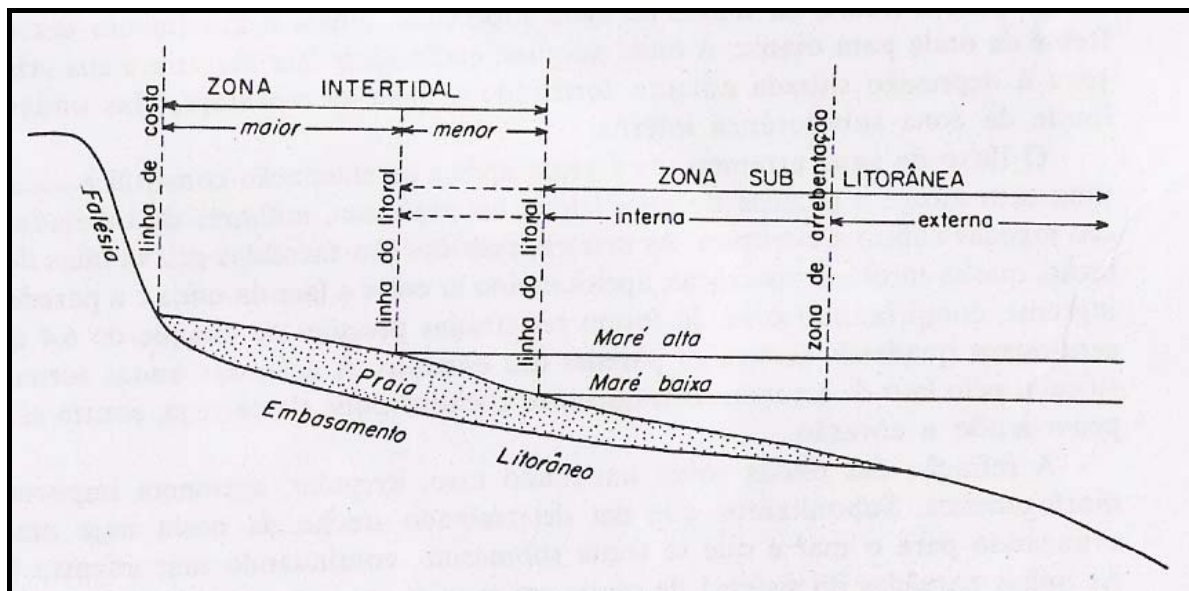


Figura 17 - Desenho esquemático simplificado de um perfil de praia. Fonte: Christoflett, 1974.

No extremo norte da Praia do Futuro, um molhe construído perpendicular à deriva litorânea dos sedimentos, interfere no volume de areia transportando pela deriva litorânea, o que provoca um engordamento contínuo desta faixa de praia (Figura 18). As ondas, as oscilações de marés e ação dos ventos, promovem, preferencialmente, um transporte das areias em direção à face de praia, mantendo uma larga zona de berma, com a presença de areias de granulação mais fina por estarem mais afastadas da influência do rio (Cocó) que deposita sedimentos mais grossos na faixa de praia localizada imediatamente a oeste de seu estuário (Figura 19).

Já as praias localizadas no setor oeste de Fortaleza, ou seja, a oeste da ponta do Mucuripe são mais estreitas e sofrem permanentemente com o avanço da erosão, intensificada com a construção do porto na década de 1940 (Figura 20).

### **3.2.2 Dunas**

As dunas recentes ou móveis são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia. Normalmente ocorrem capeando as gerações de dunas mais antigas, embora, em algumas áreas, estejam assentadas diretamente sobre os sedimentos Terciários da Formação Barreiras, não podendo ser mais completamente definidas (ver capítulo 6). Caracterizam-se pela ausência de vegetação ou pela fixação de um revestimento pioneiro, o qual detém ou atenua os efeitos da dinâmica eólica, responsável pela migração das dunas.

As dunas fixas ocorrem a sotavento das dunas móveis, na forma de um alinhamento quase contínuo (faixa litorânea da Sabiaguaba) e divididas em setores restritos na porção sudeste da Praia do Futuro e no topo do Morro Santa Terezinha no Mucuripe.

As dunas urbanizadas, cuja forma e tipologia localizam-se nas porções ao sul das dunas fixas e dunas móveis, em alguns setores adentram mais ao continente na direção sul do município (Figura 16).

### **3.2.3 Rochas de Praia (*Beach Rocks*)**

Na planície litorânea de Fortaleza tem-se a presença de rochas de praia ou *beachrocks*. Formados por sedimentos de praia, cimentadas por carbonato de cálcio e magnésio, com diagênese média a alta (MAIA, 1998), quase sempre atuam como barreira natural, protegendo as praias dos efeitos da erosão marinha.

Eles localizam-se nas embocaduras dos rios Pacoti, Cocó (Figura 20) e Ceará sempre a jusante da corrente litorânea, e nas das praias da COFECO, Sabiaguaba, Volta da Jurema e Mucuripe (Figura 21). Segundo datação efetuada por Claudino-Sales (2002), única

até hoje, em conchas de rochas de praia da Praia de Sabiaguaba, apresentaram idade  $C^{14}$  de  $2,7\pm 140$  ka.



Figura 18 - Perfil de praia no extremo oeste da Praia do Futuro. Verifica-se a extensa faixa de praia ocasionada pela proximidade com o espigão localizado no bairro Serviluz. Foto: Mônica Pinheiro (Outubro/2008).



Figura 19 - Faixa de praia da Praia do Futuro próximo à foz do rio Cocó onde se verifica a presença de deposição de material mais grosso relacionado à proximidade com o rio. Foto: Mônica Pinheiro (Outubro/2008).



Figura 20 - Praia do Caça e Pesca local onde deságua o rio Cocó com presença de rochas de praia. Foto: Mônica Pinheiro (Outubro/2008).



Figura 21 - Praia do Mucuripe, setor oeste do litoral de Fortaleza. Percebe-se a presença de rochas de praia e uma estreita faixa de praia comparada com a da praia do Futuro. Foto: Mônica Pinheiro (Setembro/2007).

### 3.3 Lagoas Costeiras e Interdunares

Um das feições presentes nos campos de dunas de Fortaleza sejam eles fixos ou móveis, são as lagoas costeiras e interdunares (Figura 22). Como lagoa, pode-se considerar os corpos d'água rasos, de água doce ou salobra, em que a radiação solar pode alcançar o sedimento, possibilitando, conseqüentemente, o crescimento de macrófitas aquáticas em toda sua extensão (ESTEVES, 1998).

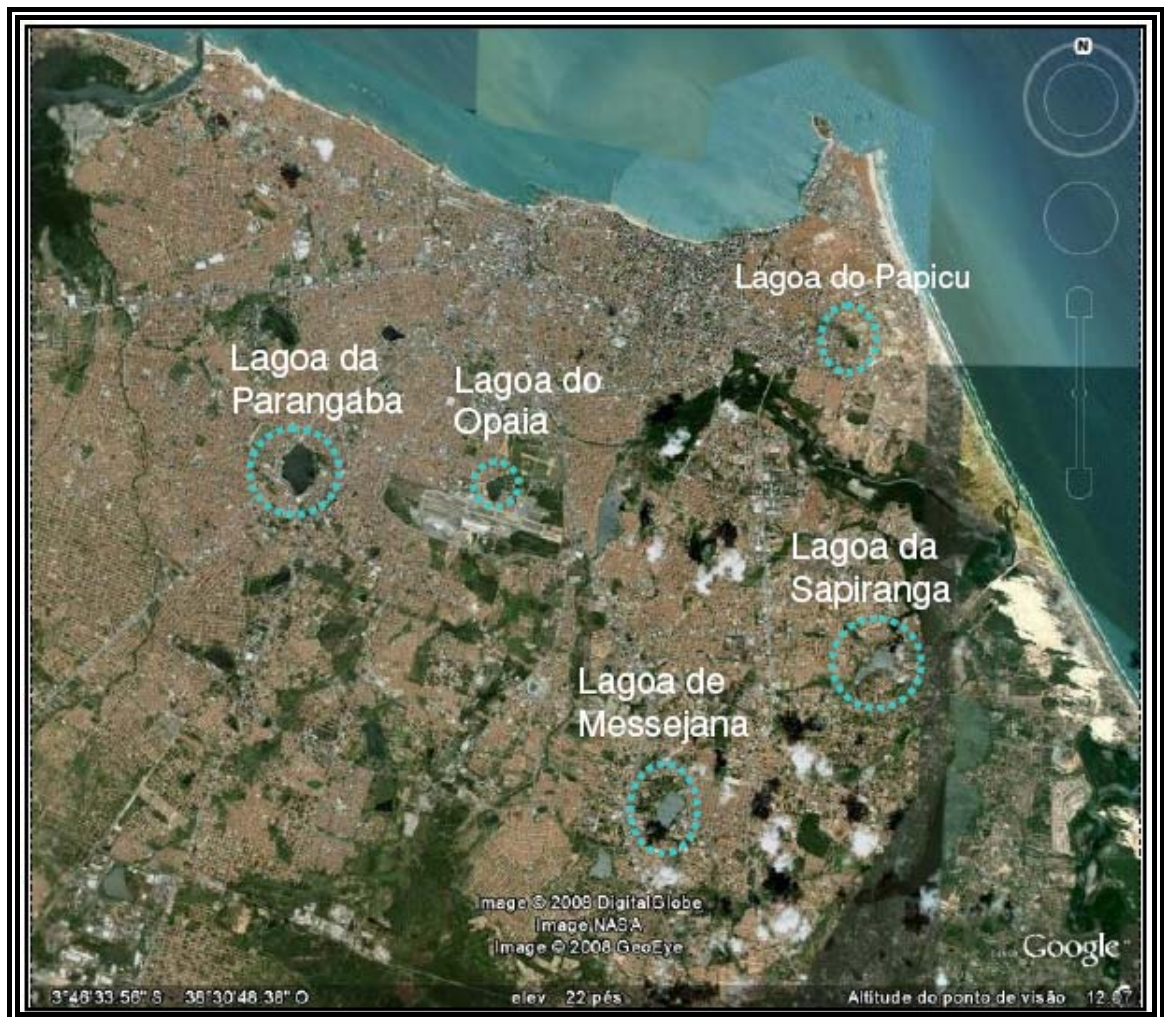


Figura 22 - Imagem de satélite com identificação de algumas lagoas de Fortaleza. Fonte: *Google Earth*, 2008.

As lagoas que se formam entre os lençóis de areias ou *sandsheets* – lagoas interdunares - e os outros tipos de dunas móveis não representam as lagoas mais extensas do Estado do Ceará, mas por outro lado, são as mais frequentes. Estas lagoas são em geral de reservas efêmeras ou intermitentes, existindo somente durante a estação chuvosa, porém, também, ocorrem ao longo da zona costeira lagoas interdunares perenes.



A formação das lagoas interdunares se dá pela infiltração das águas das chuvas ou pela elevação do lençol freático dentro dos campos de dunas. A água das chuvas se infiltra facilmente dentro das areias móveis desprovidas tanto de cobertura vegetal, quanto de outro elemento impermeabilizante. A infiltração termina quando ocorre o contato com os sedimentos dunares mais antigos, as paleodunas ou Formação Barreiras, menos permeáveis situados abaixo das dunas móveis atuais ou subatuais (CLAUDINO-SALES, 1993).

Pontilhando a planície litorânea do município de Fortaleza, existem inúmeras lagoas intermitentes e perenes de formas e tamanhos variados, que se distribuem pelos compartimentos geomórficos que compõem a área.

As lagoas intermitentes são, na verdade, resultantes do soerguimento do lençol freático, situando-se, sobretudo nas áreas adjacentes ao estirâncio. As lagoas perenes em grande porte instalam-se sobre a Formação Barreiras, tais como Porangabussu, Maraponga e Parangaba. Outras se dispõem à retaguarda dos cordões de dunas urbanizadas e dunas fixas, na faixa de transição entre estas e a Formação Barreiras, a exemplo das do Papicu, Precabura e Sapiranga (Figura 22).

A análise da formação dessas lagoas interdunares exige a evocação de seus processos e um detalhamento maior dos fatores responsáveis pela sua origem e evolução.

## Capítulo 4 – Dinâmica Litorânea e Costeira em Fortaleza

---

A análise da dinâmica litorânea também requer, necessariamente, a caracterização do clima de ondas, marés e correntes marinhas como etapa imprescindível para compreensão dos processos de modelamento da paisagem litorânea com a contribuição sedimentar para formação de dunas costeiras. Assim, nos itens seguintes, destaca-se os elementos dessa dinâmica, definidos pela ação das ondas, marés, correntes marinhas e ventos.

### 4.1 Ondas

As ondas ao depositarem sedimentos na praia, contribuem para a formação de dunas: o transporte eólico retira as areias e as mobilizam costa adentro, favorecendo a formação de depósitos eólicos, as dunas. As ondas que ocorrem no litoral de Fortaleza, seguem o padrão das características de ondas do Ceará.

No estado do Ceará, os sedimentos transportados de leste para oeste são os mais ativos (MORAIS, 1980). Maia (1998) verificou a existência de um forte controle das características das ondas com relação à velocidade e direção do vento, determinando um domínio das ondas no Estado com direção predominante E e SE.

Essas ondas apresentam formação a partir da ação dos ventos locais, (ondas do tipo *sea*), apresentando altura média significativa de 1,1m, frequência de 5 segundos e período de 15 metros (MAIA, 1998). Ocorrem também ondas do tipo *swell*, formadas no Hemisfério Norte, que se propagam até a zona litorânea cearense, sobretudo durante os meses de dezembro a março, com direção NE (CLAUDINO-SALES, 2005).

A faixa de praia de Fortaleza se diferencia quanto ao aporte de sedimentos, como já dito anteriormente (Capítulo 3). Assim, o clima de ondas vai afetar diferentemente esses setores. O segmento leste da cidade, Praia de Sabiaguaba e do Futuro, apresenta um relativo equilíbrio quanto à dinâmica sedimentar. Nesse setor, a quantidade de areias retirada pelas

ondas aparentemente é equilibrada pela quantidade de areias depositadas pelas mesmas, já que há indícios de progradação.

Já nas praias localizadas a oeste da Ponta do Mucuripe, esse balanço sedimentar encontra-se em desequilíbrio. As areias depositadas pelas ondas são em menor proporção do que as que são retiradas, pelo trabalho das ondas, ocasionando assim erosão e conseqüentemente regressão da faixa de praia. Esse processo em Fortaleza já está estabilizado, em grande parte a erosão é reduzida à instalação dos molhes. Nesse sentido, verifica-se que não existem mais condições, na atualidade, para a formação de dunas a oeste do Porto do Mucuripe, pois as ondas não alimentam mais as praias, de onde os ventos retiram areia para formarem as dunas.

## 4.2 Marés

As marés no Ceará são caracterizadas como semidiurnas, ou seja, ocorrem a cada 6 horas, revezando marés altas (preamar) e marés baixas (baixamar). Esse tipo de maré caracteriza-se, portanto, pela ocorrência da preamar e da baixamar duas vezes durante um dia lunar, ou seja, durante um período de 24 horas e 50 minutos (MAIA, 1998). A amplitude das marés de Fortaleza é em torno de 2,3m, colocando essa zona litorânea no regime de mesomaré (LEHUGEUR et al, 2003). As marés altas atingem com freqüência 3,0 metros.

Dessa forma, encontramos condições ideais para deslocamento de sedimentos da praia em direção a zona costeira, pois, tem-se uma faixa de praia descoberta com areias mais secas em um período de tempo considerável, tornando-se propício à dinâmica dos ventos, sobretudo ao longo do segundo semestre do ano, quando ocorre uma maior intensidade dos ventos. No entanto, é necessário atentar para os seguintes fatos:

Durante 3 horas na preamar e 3 horas na baixamar, a praia fica indisponível para o vento. Depois, ainda é preciso algumas horas para as areias secarem e poderem ser transportadas pelo vento: assim, o vento só pode atuar por não mais do que 6 a 8 horas, todo dia. Ainda assim, a área é mais propícia à formação de dunas do que ambientes de micro-marés, por exemplo.

### 4.3 Correntes Litorâneas

As correntes litorâneas são os verdadeiros agentes transportadores de areias na zona litorânea imersa. Em Fortaleza, as correntes agem desimpedidas a leste, propiciando alimentação constante das praias, de onde as areias saem para formação de dunas, gerando, inclusive regeneração de dunas destruídas por aplainamento, visando loteamentos futuros. Na faixa da Avenida Beira-mar (praias do Mucuripe, Vota da Jurema e Praia de Iracema), como as correntes foram interrompidas pelo Porto do Mucuripe (860.000 m<sup>3</sup> de areias anualmente) (MAIA, 1998), não há mais condições de regeneração das dunas desse setor.

As correntes litorâneas vão constituir um dos mais importantes agentes de remobilização de sedimentos, sendo responsáveis pelo transporte de material ao longo da costa, a partir de uma fonte, tal como um rio. Constituem, também, o grande mecanismo de circulação responsável pela manutenção da estabilidade e equilíbrio dos ambientes praias (TESSLER e MAHIQUES, 2003).

Há que ressaltar que, qualquer modificação introduzida pela sociedade no sistema de deriva litorânea, afeta o equilíbrio de estoque natural de areias ao longo das praias, afetando as taxas de erosão ou deposição. Obras de construção civil, como molhes, portos, aterros e dragagens, têm sido responsáveis por erosão de muitos trechos ao longo da costa cearense.

Em Fortaleza, a corrente longitudinal transporta 860.00 m<sup>3</sup> de sedimentos por ano. Tal cálculo foi obtido por Maia (1998) através do mapeamento do fundo marinho a barlavento das estruturas portuárias do Porto do Mucuripe, que interceptam a deriva litorânea. Esse é o fator responsável pela engorda da praia no bairro Vicente Pinzón/Serviluz, e pela erosão das praias a oeste do Porto (front norte de Fortaleza), que vêm sendo destruídas desde a década de 1960.

### 4.4 Regime Eólico para Formação de Dunas

O vento, dentre os elementos climáticos atuantes na faixa litorânea, assume papel relevante na morfogênese da área em função principalmente, da edificação de dunas costeiras.

Depois que a areia movimentada por ondas e correntes é depositada na praia e exposta ao ar, ela seca e é movimentada pelos ventos, normalmente por saltação ou arraste. Assim, quando os ventos sopram do mar eles acabam por levar as areias das praias em direção ao continente, desenvolvendo campos de dunas. Desta forma, a orientação dos campos de dunas retrata a direção dos ventos dominantes na região costeira (VILLWOCK et al, 2005).

A proximidade do vento em relação à superfície terrestre influi, sobremaneira, em sua velocidade devido ao atrito da massa de ar com os obstáculos presentes, como vegetação, relevos, etc. Assim, a velocidade do vento aumenta com o afastamento da superfície, porém a partir de determinada altitude, que depende das condições locais, ela não mais se modifica significativamente (SÍGOLO, 2003).

O transporte é realizado a cerca de 30 cm acima do solo, mas em grande parte, em torno de 94% está limitado aos 10 primeiros centímetros. As areias grossas são transportadas por arrasto e as areias finas por saltação (SÍGOLO, 2003).

Em relação à granulometria dos sedimentos a serem transportados, as areias grossas com 0,5 mm de diâmetro são transportadas, sobretudo por rolamento, enquanto as areias finas com 0,18mm de diâmetro, por saltação (MAIA, 1998).

O litoral de Fortaleza se caracteriza por velocidades dos ventos em média acima dos 3 m/s no segundo semestre do ano entre julho a dezembro, período onde prevalece a ocorrência dos alísios de SE, com as menores velocidades ocorrendo nos meses chuvosos do primeiro semestre do ano entre janeiro a junho, período de atuação dos alísios de NE (Figura 23).

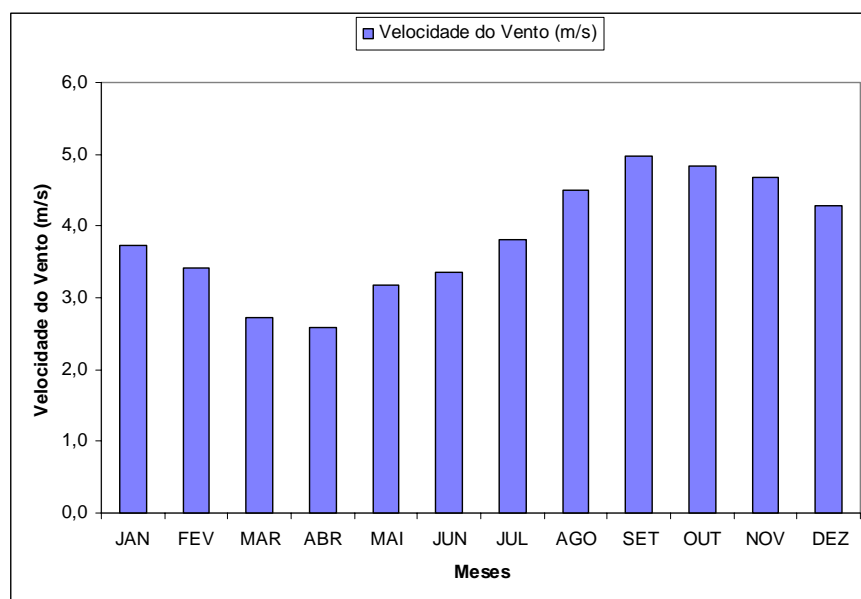


Figura 23 - Média mensal da velocidade dos ventos para a cidade de Fortaleza (1966-2007). Fonte: FUNCEME.

Esta situação é responsável pela migração das dunas sobre a planície costeira a velocidades estimadas situadas entre 6 m/ano dentro dos lençóis de areia ou dunas compostas, e de cerca de 11m/ano dentro dos campos de barcanas, levando em consideração a velocidade dos ventos no Ceará (MAIA, 1998).

Vale ressaltar que a estação climática da FUNCEME não está localizada na faixa litorânea, e sim distante da faixa de praia. As velocidades dos ventos que produzem as dunas são, assim, maiores do que essas médias, tendo sido registrados valores médios de até 8 m/s (CLAUDINO-SALES, 1993).

A orientação dos campos de dunas no Ceará apresenta-se em concordância com esse regime eólico: a velocidade dos ventos de direção NE com menor capacidade de formação de dunas, assim como uma maior umidade no primeiro semestre do ano, dificulta a mobilização das areias para SW. Assim, de maneira geral, não ocorre campo de dunas no Estado do Ceará de direção nordeste-sudoeste.

#### **4.5. Ação Conjunta dos Agentes da Dinâmica Litorânea: As Células Sedimentares de Fortaleza**

No Ceará, um importante elemento constituído de células sedimentares é construído pelas pontas litorâneas, e sua presença corresponde normalmente, dentro da zona litorânea, a fronteira entre um setor terminal de uma célula sedimentar (a montante) e um setor proximal de uma nova célula. Em Fortaleza encontra-se a dinâmica das células sedimentares relacionadas à Ponta do Mucuripe.

As células litorâneas compreendem segmentos espaciais com balanço sedimentar relativamente autônomas em relação aos segmentos adjacentes. Apesar de relativamente autônomas, as células sedimentares se comunicam através do transpasse, ou mecanismo de *bypass* de sedimentos (PASKOF, 1996), que pode ser tanto costeiro, nesse caso comandado pelos ventos, como litorâneo, nesse caso controlado pelas ondas e correntes litorâneas (CLAUDINO-SALES, 2005) (Figura 24).

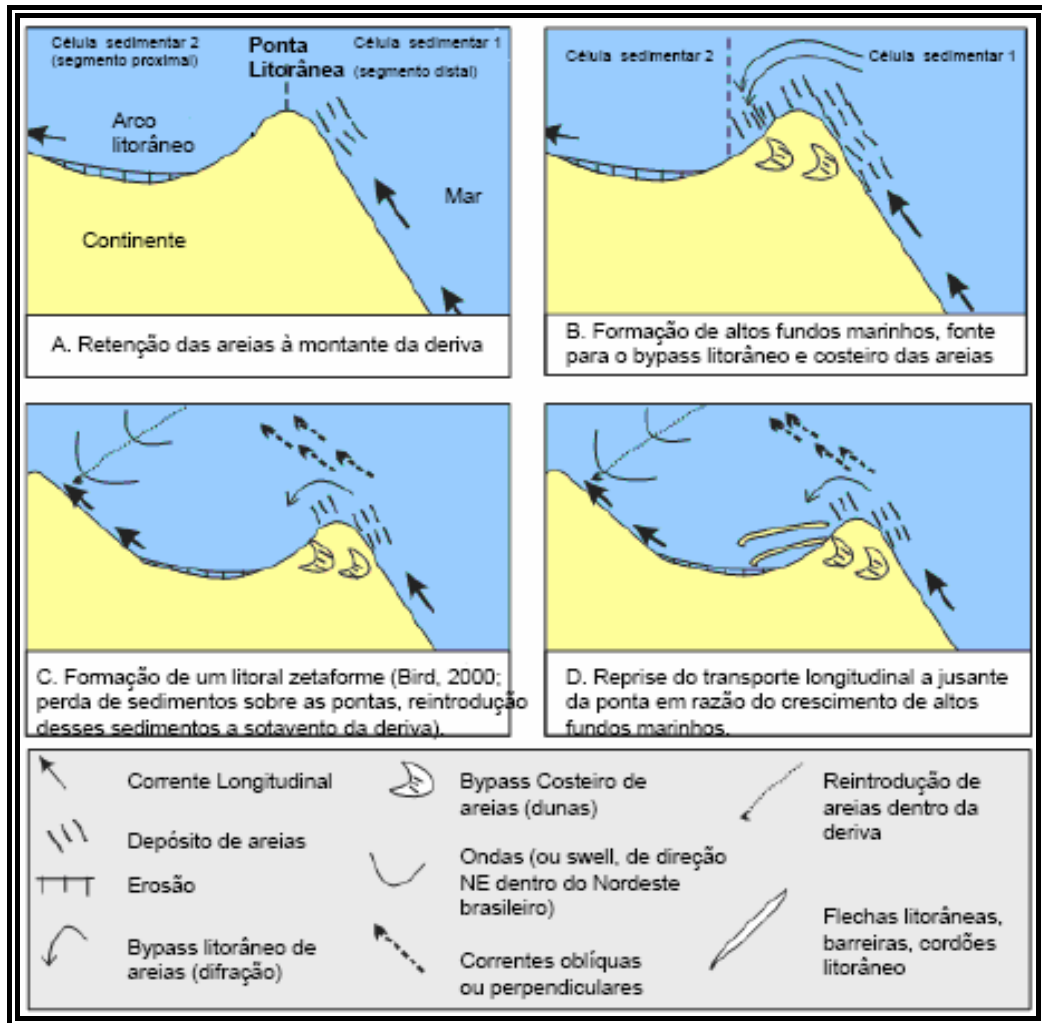


Figura 24 - Desenho esquemático do processo de transpasse ou bypass de sedimentos ao longo de obstáculos como pontas litorâneas com a que ocorre em Fortaleza (Mucuripe). Adaptado de Claudino-Sales (2002).

O *bypass* costeiro ocorre sobre a zona costeira, quando se formam dunas com as areias interceptadas a barlar de pontas litorâneas. Com o passar do tempo, as areias acumuladas acabam transpondo o obstáculo, nessa etapa, tem início o *bypass* litorâneo, por ação das correntes litorâneas. Os dois em conjunto, minimizam a erosão em células sedimentares controladas por pontas litorâneas.

Ao mesmo tempo em que as pontas litorâneas interditam o *bypass* litorâneo de sedimentos, elas induzem o *bypass* continental ou costeiro de areias por intermédio da migração de dunas transgressivas que atravessam a zona costeira cruzando os promontórios rochosos.

Em Fortaleza, o *bypass* era um processo importante, conforme se verifica na figura 25. Após a urbanização da área da Praia do Futuro e Mucuripe esse processo foi interrompido completamente.



Figura 25 - Transporte de sedimentos que ocorria no litoral de Fortaleza. Em vermelho, dinâmica de transporte e transpasse costeiro e em azul transporte e transpasse litorâneo. Fonte: Imagem adaptada de Aerofotos Nordeste, 2002.



## Capítulo 5 – Morfogênese Dunar de Fortaleza

---

### 5.1 Origem da Zona Costeira

O Sítio Natural de Fortaleza, assim como o modelado cearense e nordestino, de forma geral tiveram a sua configuração morfoestrutural primordial, com a completa ruptura das placas sul-americana e africana, datada do período Cretáceo (100 - 99 Ma) da era Mesozóica. Nesse processo foi originado o segmento equatorial do Atlântico Sul e as margens continentais do Nordeste e do centro-oeste africano (PEULVAST e VANNEY, 2001). Esses processos influenciaram de forma significativa a evolução morfoestrutural e geomorfológica posteriores (MOURA-FÉ, 2008).

A evolução da área foi na seqüência controlada por flexura do continente em direção ao oceano, oscilações climáticas e variações do nível do mar. A ocupação historicamente mais recente dessa faixa costeira para usos múltiplos (urbanização, lazer, turismo, atividades econômicas diversas) representa um novo e potente agente transformador (CLAUDINO-SALES E PEULVAST, 2006).

Segundo Claudino-Sales e Peulvast (2006), os principais conjuntos morfológicos da fachada marítima cearense foram herdados da reativação tectônica cretácea que produziu a ruptura entre os continentes africano e sul-americano.

Numa seqüência evolutiva sintética da zona costeira cearense temos: no Cretáceo Inferior o riftiamento no eixo estrutural Cariri/Potiguar, de orientação SE-NW e de idade neocomiana (145-130 Ma). Posteriormente, temos o abortamento ou interrupção desses riftes no Barremiano (130-125 Ma), com a Formação de bacias sedimentares do Araripe e Apodi nas fossas abortadas. Finalmente, no Aptiano/Albiano (entre 125 e 100 Ma), têm-se a abertura de fossas transformantes através de esforços transtensionais e transpressivos de orientação SE-NW e E-W, rasgando a bacia do Apodi e criando as zonas de fraturas que deram origem ao Oceano Atlântico no Nordeste equatorial brasileiro, por volta de 100 Ma.

O Cretáceo Superior teve como agente evolutivo importante na formação da zona costeira de Fortaleza o soerguimento flexural do interior do continente com subsidência da zona costeira, em curso até o presente. Para o Terciário, foram significativas as variações climáticas e eustáticas, com deposição da Formação Barreiras entre o Mioceno e o

Pleistoceno (30 Ma - 2 Ma), formada por sedimentos continentais (e provavelmente também litorâneos) e responsáveis pela modelagem dos tabuleiros costeiros, assim como a modelagem de formas litorâneas típicas (praias, barreiras, dunas, estuários, lagoas, planícies litorâneas).

Dos cenários antigos, todavia, pouca coisa restou na paisagem, além de verdadeiras relíquias. A ação dos processos cenozóicos erodiu e/ou inumou as estruturas primárias, mas que ainda hoje influenciam na dinâmica costeira, através, por exemplo, da alternância de compartimentos relativamente deprimidos e elevados, das mudanças de orientação da linha de costa, da presença de pontas rochosas cristalinas, como as pontas do Iguape, Mucuripe, Pecém e Jericoacoara, as quais, de forma geral, representam eixos de ruptura do continente ainda perceptíveis na paisagem cearense (CLAUDINO-SALES, 2002).

Dessa forma, dos processos ocorridos ao longo do Cretáceo, o Sítio Natural de Fortaleza herdou dois elementos importantes e ainda visíveis na paisagem. São eles: a conformação do seu litoral, com uma direção SE-NO, desde a foz do rio Pacoti, passando pelas praias da COFECO, Sabiaguaba, do Futuro, até a Ponta do Mucuripe. Deste setor em diante, o litoral de Fortaleza, toma, grosso modo, uma direção E-W, desde a ponta do Mucuripe até a foz do Rio Ceará. O segundo é a própria ponta do Mucuripe que se configura com um importante elemento para a dinâmica quaternária (CLAUDINO-SALES, 2002), principalmente relacionada ao transporte de sedimentos e migração de dunas costeiras.

No Quaternário tem-se a conformação atual do litoral do Ceará, com a ocorrência significativa de variações climáticas e do nível do mar, e o modelamento de formas litorâneas quaternárias como praias, dunas, barreiras, planícies flúvio-marinhas, lagoas e rochas de praia.

## **5.2 Gênese e Evolução do Campo de Dunas: Mudanças Climáticas Quaternárias**

O registro geológico revela que o planeta está sujeito a importantes mudanças climáticas, que tem como causas principais fatores astronômicos, atmosféricos e tectônicos. As mudanças, com registros de períodos glaciais e interglaciais, têm reflexo marcante, não apenas no volume de água armazenada nas bacias oceânicas, mas também em grandes modificações nos sistemas de circulação oceânica e atmosférica (TESSLER, 2003).

Desde a formação do planeta e da constituição da atmosfera terrestre, o clima tem sofrido alterações através das eras geológicas. Sabe-se que em eras remotas, o clima não foi

sempre idêntico e que suas oscilações possibilitaram tanto o surpreendente desenvolvimento da vida no planeta, quanto desastres e catástrofes, como a extinção dos dinossauros e as grandes glaciações (SANTANA NETO e NERY, 2005). Picos interglaciais têm ocorrido a intervalos de aproximadamente 100.000 anos. Durante períodos glaciais, há a expansão dos lençóis de gelo continentais e polares e a diminuição do nível relativo do mar (HESP, 2000). Durante os interglaciais, ocorre o oposto: as calotas de gelo descongelam, e o nível do mar sobe.

Mudanças climáticas implicam também, em alterações na umidade relativa e na taxa de pluviosidade sobre áreas continentais, o que influencia diretamente o intemperismo, a erosão e o aporte de sedimentos terrígenos para os rios e oceanos (TESSLER, 2003). Como o clima é muito dinâmico, torna-se necessária a coleta de dados, inclusive longos períodos de tempo, de seus principais elementos, para verificar se as variações de seu comportamento são realmente permanentes (e, portanto, correspondem a fatores de mudança climática), ou se são ciclos periódicos que tendem a se repetir de tempos em tempos, tratando-se apenas de oscilações do clima (SANTANA NETO e NERY, 2005).

Vários fatores influem no processo de aparecimento e manutenção de um período glacial (SANTANA NETO e NERY, 2005). As explicações apresentadas pelo que se convencionou denominar Teoria de Milankovitch, entretanto, segundo Salgado-Labouriau (1994), parecem ser as mais aceitas para explicar tanto a origem das glaciações quanto as mudanças climáticas de origem natural. Essa teoria sugere que fatores ligados aos movimentos orbitais da Terra, como as alterações da distância da Terra em relação ao Sol, as variações na inclinação do eixo da Terra (obliquidade da elíptica) são os principais causadores das mudanças climáticas, inclusive da origem das glaciações (SANTANA NETO e NERY, 2005). Dentro dessa perspectiva, admite-se que o último grande período glacial tenha terminado entre o intervalo de 12.000-10.000 AP (antes do presente).

As glaciações, por implicarem em mudanças do nível do mar nas zonas costeiras, são responsáveis por mudanças significativas na dinâmica litorânea, geradas pelas transgressões marinhas durante os ciclos interglaciais, e as regressões, nas fases glaciais.

### **5.2.1 Variações do Nível do Mar**

As variações paleoclimáticas e as mudanças do nível do mar delas decorrentes têm desempenhado papel muito importante na evolução das áreas costeiras. No decorrer dos últimos dois milhões de anos ocorreram alternâncias cíclicas de períodos frios e quentes que produziram os estágios glaciais e interglaciais que, por sua vez, foram acompanhados pelas grandes regressões e transgressões marinhas quaternárias (SANTANA NETO e NERY, 2005).

As variações dos paleoníveis do mar são controladas principalmente por: flutuações nos volumes das bacias oceânicas, principalmente em consequência da tectônica de placas, causando a tecnoeustasia; flutuações nos volumes das águas contidas nas bacias oceânicas, principalmente por fenômenos de glaciação (formação de geleiras) e deglaciação (fusão de geleiras), dando origem à glacioeustasia; e deformações das superfícies oceânicas, principalmente por causas gravitacionais, causando a geoidoeustasia (SUGUIO et al, 2005). Dentre essas causas, no Brasil as associadas às glaciações são as que controlaram a dinâmica litorânea, considerando que não há evidências de atividade tectônica importante na zona costeira, desde meados do Terciário. Tampouco, as glaciações quaternárias produziram calotas de gelo no Brasil (CLAUDINO-SALES, 2002).

Na última regressão marinha, que ocorreu entre 20 ka e 17 ka, houve um rebaixamento do nível do mar em cerca de 110 metros, expondo à atmosfera quase toda a plataforma continental brasileira, deslocando progressivamente a linha de costa e os ambientes costeiros em direção ao oceano profundo (TESSLER, 2003). Estes ambientes costeiros, relativamente planos e predominantemente arenosos, dissecados por uma rede de drenagem que avançou sobre a plataforma, acompanhando o recuo relativo do nível marinho, foram remodelados no evento subsequente de subida do nível do mar (TESSLER, 2003).

Essas mudanças apresentam-se registradas no Brasil da seguinte forma: Há aproximadamente 17.500 anos A.P., o paleonível do mar situava-se -120 a -130m abaixo do atual. Portanto, praticamente toda a plataforma continental atual estava emersa e submetida à intensa oxidação e erosão subaérea (SUGUIO et al, 2005).

O final da última glaciação, que ocorreu por volta de 13 ka, produziu uma grande transgressão marinha entre 7 ka e 5,1 ka, a última de caráter global (SHACKLETON, 1987). Porém, algumas pequenas flutuações ocorreram em intervalos de tempo pequeno até alcançar o nível marinho atual (Figura 26).

Há cerca de 5,5 ka, o paleonível do mar subiu entre 3m e 5m acima do atual, tendo baixado cerca de 1,5m e 2m, há aproximadamente 3,9 ka. A ascensão do paleonível do mar se deu novamente a cerca de 3,0 ka, entre 2m e 3m acima do atual. Há 2,8 ka, ocorreu

novamente pequena descensão, atingindo provavelmente um nível inferior ao atual; e há cerca de 2,5 ka, foi atingido um paleonível 1,5 a 2m acima do atual (SUGUIO et al, 2005) (Figura 26).

No Ceará, a datação por C<sup>14</sup> efetuada por Claudino-Sales (2002), dentro do cordão de rochas de praia de Sabiaguaba em Fortaleza resultou em uma idade de 2,7 ka +/- 140 A.P. Tal datação pode estar relacionada à pequena regressão marinha ocorrida a 2,8 ka citada anteriormente.

As subidas de nível do mar nas fases tardiglaciais e pós-glaciais ocorreram a velocidades que, em termos geológicos, podem ser consideradas espantosas, pois, grosso modo, em 10.000 anos (entre 16.000 a 6.000 anos A.P.) o nível do mar subiu mais de 100m, representando taxa superior a 1 cm/ano.

Esta ascensão, muita rápida em termos geológicos, afetou tanto as costas em soerguimento como em subsidência, promovendo transgressões marinhas e provocando a deposição de sedimentos marinhos (SUGUIO, 1999). Em suma, pode-se dizer independentemente das causas, que a maior parte do litoral brasileiro tenha estado em submersão até cerca de 5,1 ka seguida de emersão até os nossos dias (SUGUIO, 1985).

Para Suguio et al (2005), entre os indicadores geológicos das variações do nível do mar, podem ser citados os terraços de construção marinha, os terraços de abrasão marinha, as rochas praias e os campos de dunas.

As posições dos paleoníveis marinhos podem ser encontradas também pelas plataformas de abrasão marinha, entalhes marinhos, cavernas marinhas e outras formas de erosão, além de feições de construção marinha em forma de terraços, como as plataformas de construção marinha (SUGUIO, 1999).

Efetivamente, os depósitos sedimentares marinhos, como os terraços de construção marinha, situados acima do atual nível do mar formando as planícies costeiras ou as baixadas litorâneas - ou terraços marinhos, como são comumente definidas as planícies litorâneas -, geralmente são evidências de paleoníveis do mar acima do atual (SUGUIO et al, 2005).

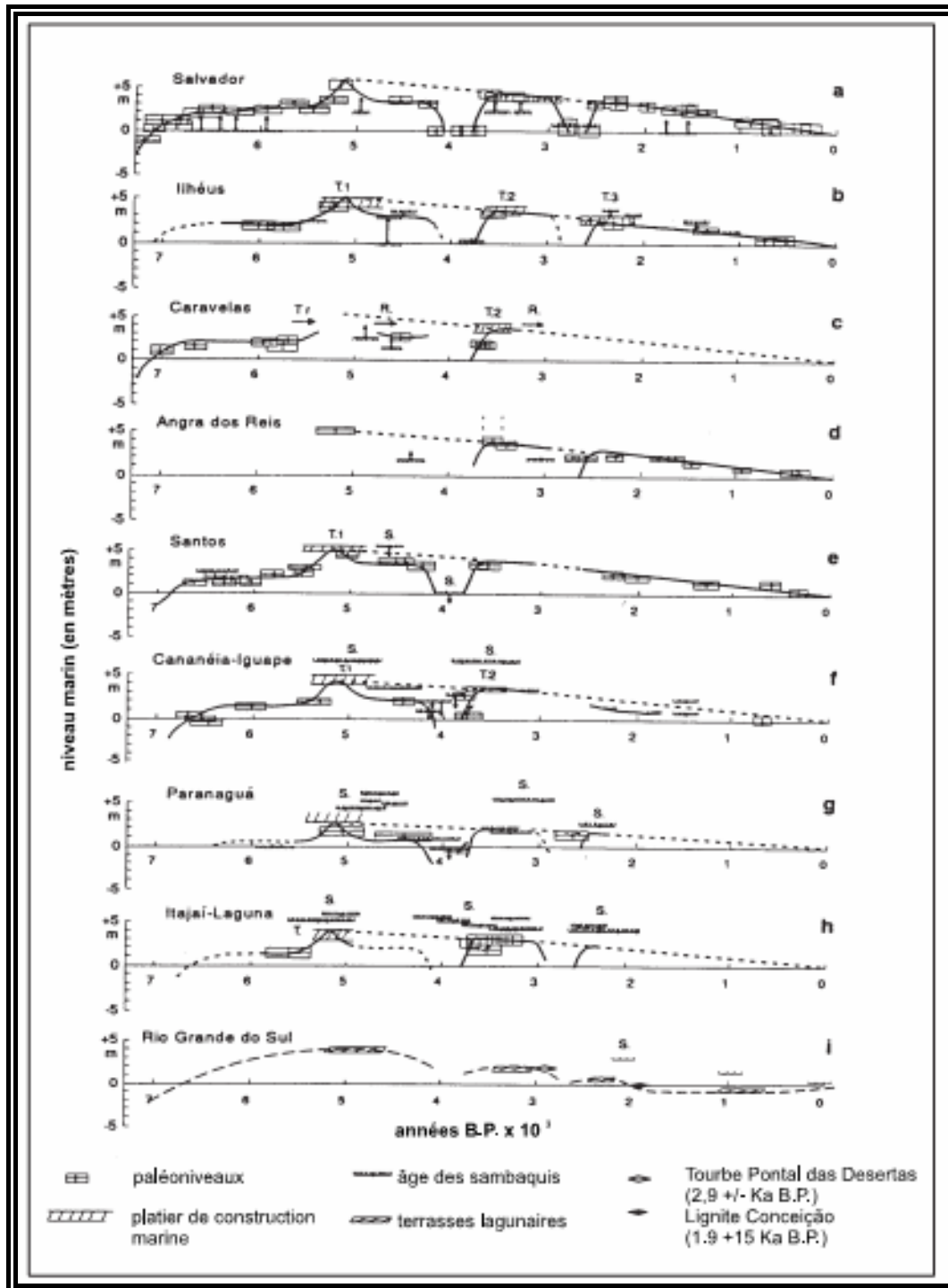


Figura 26 - Curvas de variações dos níveis do mar nos últimos 7.000 anos ao longo de vários trechos do litoral brasileiro (Suguio et al, 1985).

Analisando-se os grandes campos de dunas atuais, fica evidente que, a disponibilidade atual de sedimentos não seria suficiente para a formação desses campos de dunas, sendo necessário, portanto, um grande aporte de sedimentos provavelmente tendo como origem a plataforma continental durante os episódios de regressão marinha.

Segundo Meireles et al (2001), as dunas fixas (parabólicas) existentes em Fortaleza nas praias de Sabiaguaba e do Futuro, foram originadas durante um período em que as condições climáticas e o nível do mar, geraram grandes volumes de areia para o transporte eólico. Esse volume foi estimado em aproximadamente 270 milhões de m<sup>3</sup> referente às dunas da Praia do Futuro e Sabiaguaba. Para se ter uma idéia do montante de areias aprisionados nesse campo de dunas, basta atentar-se para o fato de que um caminhão, em média, consegue transportar 3 m<sup>3</sup> de areia.

Na atualidade, há registros de subida eustática do nível do mar, da ordem de 2 mm por ano, produzida pelo descongelamento natural e socialmente induzido, das calotas de gelo dos dois pólos (PIRAZOLLI, 2000).

### **5.2.2 Variações Quaternárias no nível do mar no Ceará e Dinâmica Litorânea**

As bases para a correlação entre eventos de variações do nível relativo do mar na costa cearense, com as curvas de variações propostas para a região leste e sul do país, têm sido inspiradas principalmente em características erosivas, exemplificadas basicamente por terraços de abrasão e falésias da Formação Barreiras, enquanto as formas deposicionais são representadas principalmente pelos *beach rocks* (CARVALHO, 2003).

A presença de paleofalésias, da altitude da plataforma situadas acima do nível marinho atual, bem como de planícies litorâneas desenvolvidas no sopé de paleofalésias (litoral do município de Icapuí; Barra Nova, em Beberibe e Porto das Dunas em Aquiraz), parece indicar a ocorrência de variações marinhas holocênicas moderadas no Ceará, com ocorrência de níveis elevados inferiores aos 5,1 ka detectados para o resto do país (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006). Pode-se avaliar que a transgressão holocênica parece ter atingido cotas da ordem de 2,7 m a 3,0m em relação ao nível médio do mar (NMM) (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

A ação abrasiva dessa transgressão teria produzido uma linha descontínua de paleofalésia ao longo de quase toda a faixa costeira leste e central. Hoje essas paleoformas estão mascaradas, onde existem, por acumulações dunares, não apresentando mais do que uma modesta descontinuidade topográfica entre o litoral e a costa – como ocorre em Fortaleza, nos desníveis entre a parte central da cidade e a Avenida Beira-mar, perceptível nas

avenidas Desembargador Moreira, Barão de Studart, Rui Barbosa, Dom Manoel e no Forte Nossa Senhora d'Assunção (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

Do ponto de vista da disponibilidade de sedimentos produzida pelas últimas transgressões marinhas no Ceará, para Claudino-Sales e Peulvast (2006), parece que nunca houve um grande estoque de materiais terrígenos disponível, a partir de mudanças do nível do mar, exceto o necessário para a edificação de vastos campos de dunas, sem a ocorrência, por exemplo, de planícies litorâneas bem desenvolvidas como em outros segmentos da margem continental brasileira. Em outras palavras: a disponibilidade de sedimentos controlada pelos climas e a dinâmica litorânea dominante parece ter propiciado o desenvolvimento dos campos de dunas (que ocorrem com semelhante dimensão apenas em outros pequenos setores do Brasil), em detrimento de extensas planícies litorâneas quaternárias (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006).

Para a formação desse campo de dunas, uma área fonte importante, segundo Giannini et al (2001) são os sedimentos eólicos depositados em contexto de mar baixo, que teriam sido fornecidos pela erosão eólica da Formação Barreiras, devido ao rebaixamento do nível de base, com a regressão marinha. As dunas deste contexto seriam formadas a partir do retrabalhamento de areias da planície exposta na regressão. A maior importância da Formação Barreiras como litologia-fonte imediata nos períodos de nível do mar muito mais baixo do que o atual, explicaria a formação de dunas de coloração mais vermelha e de granulação mais grossa nesses períodos (BARRETO et al, 2004).

As variações do nível do mar poderiam assim, condicionar a formação de diversas gerações de dunas, em função de mudanças nas condições de mobilização de sedimentos na zona litorânea. Entretanto, na costa cearense, os sistemas dunares não são ainda bem associados a períodos glaciais precisos, tampouco bem correlacionados com tais variações, tanto mais que as dunas mais antigas, sem dúvida anterior ao pico da transgressão holocênica, não correspondem a níveis topográficos identificados (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006). Na verdade, as diversas gerações de dunas, com suas respectivas morfologias, parecem estar mais associadas a curtos períodos de variações climáticas ocorridas desde o Pleistoceno do que às oscilações do nível do mar.

Com efeito, datações recentes realizadas nos campos de dunas do Estado do Ceará demonstram que não há relação direta entre a formação de gerações de dunas e variações do nível do mar (TSOAR et al, 2008). As mudanças climáticas que propiciaram a formação de diferentes idades de dunas parecem, portanto resultar de eventos não relacionados às glaciações e mudanças eustáticas (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006; MAIA ET AL,



2008) e sim a curtos períodos de mudanças no clima a partir do Pleistoceno discutidas a seguir.

### 5.2.2.1 Variações Climáticas Milenares

As pesquisas científicas mais recentes indicam a ocorrência, nas altas latitudes do Atlântico Norte de rápidas sucessões de oscilações climáticas, denominadas Eventos *Heinrich* e Ciclos *Dansgaard-Oeschger* (D/O). Estas variações climáticas apresentam uma periodicidade de poucas mil centenas de anos, demonstrando que a circulação oceânica na região do Atlântico Norte se altera e se organiza em um curto período de tempo (Bond et al., 1993, 2000; Dansgaard et al., 1993 apud HIDALGO et al, 2005).

Estas variações climáticas rápidas foram inicialmente descritas a partir de estudos de sondagens de gelo da Groenlândia, e estudos posteriores tem constatado a presença dessa variabilidade rápida em uma ampla variedade de estudos paleoclimáticos. Os ciclos de D/O constam de um intervalo frio (estadial) que passa a um quente (interestadial) bruscamente. Tem-se observado que a maior parte deles se agrupa nos denominados ciclos de *Bond*, que consistem em quatro ciclos progressivamente mais frios e que culmina em um stadial particularmente prolongado e simultâneo a um dos eventos de *Heinrich* descritos no Atlântico Norte.

Foram cerca de 20 eventos D/O, cada um caracterizado por uma mudança abrupta do clima passando de um período relativamente aquecido para um mais frio. Esses eventos foram espacializados em um ciclo regular de 1.470 anos (TSOAR et al, 2008).

Behling (2003) destaca que o intervalo entre 11.800–5.500 anos, datado através do método Carbono 14 ( $C^{14}$ ), ocorreu o período mais úmido no Nordeste já registrado no Holoceno. Para o autor o movimento anual da ZCIT sobre a região, a forte influência das frentes frias vindas da Antártica e mudanças na célula de alta pressão do Atlântico Sul podem explicar a elevada umidade do último período glacial no Nordeste brasileiro.

Vê-se que o autor mesmo não relacionando essa umidade do período Holocênico aos ciclos D/O e *Heinrich*, contudo leva em consideração as mudanças no deslocamento da ZCIT, o que confirma os curtos ciclos de variações climáticas.

De acordo com análise de ocorrência de paleopólens no ambiente, Behling (2003) também destaca o aumento do transporte fluvial de material terrígeno em direção aos

depósitos marinhos, por volta de 40.000, 33.000 e 24.000 anos BP e entre 15.500 – 11.800 C<sup>14</sup> anos BP, indicando a ocorrência de curtos períodos de fortes chuvas no Nordeste brasileiro, durante o Pleistoceno.

Apesar dos esforços dedicados aos estudos dessas variações climáticas de escala milenar, as causas originais de seu desencadeamento, os mecanismos que se transferem entre regiões remotas, assim como o motivo que se desenvolvem a uma periodicidade de cerca de 1.500 anos são, todavia objeto de discussão (MORENO et al, 2004).

As mudanças climáticas milenares implicam em alteração na ação dos ventos. Esses períodos stadial e interstadial podem também ter alterado o comportamento de outras variáveis do clima como a precipitação. Com efeito, Wang et al (2004) indica a ocorrência de períodos chuvosos nos últimos milênios associados com o limite da ZCIT várias centenas de quilômetros mais ao sul que o limite atual.

Tsoar et al (2008) colocam as seguintes situações para o Ceará: Durante os períodos stadial (frio), a média de precipitação sobre a costa do Estado do Ceará foi mais alta que o presente e, em particular, a força dos ventos foi mais baixa. Durante períodos quentes do Pleistoceno Superior, quando a ZCIT migrou mais para norte do que a média de localização do presente, a costa do Ceará obteve baixa precipitação, porém um correlato aumento na força do vento (TSOAR et al, 2008).

Assim, haveria uma importante correlação entre os períodos stadial e interstadial para a estabilização e mobilização de dunas na costa do Ceará, para os períodos stadial, a umidade prevaleceu, as chuvas foram abundantes, os ventos menos ativos e conseqüentemente, ocorreram condições propícias à estabilização de dunas costeiras, ou seja, à formação de uma cobertura vegetação com base sobre as areias que migravam anteriormente. Já nos períodos interstadial, o clima estava mais seco, a umidade do ambiente era baixa, propiciando alta velocidade dos ventos, concomitantemente ter-se-ia um intenso processo migratório das areias para o interior da zona costeira, ou seja, um período pouco favorável a estabilização de dunas.

Essas freqüentes mudanças de temperaturas do clima e a conseqüente mudança na ZCIT pode ser um resultado de rápidas mudanças entre os períodos stadial e interstadial (PETERSON et al, 2000 apud TSOAR et al, 2008).

A cobertura vegetal, assim, se apresenta como um importante indicador de variações no clima de uma região. Segundo Santana Neto e Nery (2005), a vegetação do Nordeste se diferenciou ao longo do Quaternário entre Pleistoceno/Holoceno até cerca de 10.540 anos A.P, quando o clima da região era úmido. Tal fato favoreceu o estabelecimento

de uma floresta tropical exuberante, com afinidade florística com as florestas da Amazônia e as da Costa Atlântica.

Porém, segundo as datações realizadas recentemente, Tsoar et al (2008), constatou a estabilização de dunas na costa cearense de idade  $6.7 \pm 0.4$  ka. Assim, o episódio retratado por Santana Neto e Nery (2005) parece não ter tido expressão na zona costeira.

Pode-se assim, apesar dos eventuais elementos de imprecisão, através de pesquisas recentes e datações efetuadas nos campos de dunas do Ceará, relacionar as diversas gerações de dunas, ou seja, os diversos momentos de estabilização e mobilização dessas dunas, que ocorreram em nosso litoral, a esses curtos períodos de variações climáticas, e não a uma formação relacionada à tão e longos eventos climáticos. É o que apresenta-se a seguir.

### **5.2.3 Idade e Geração de Dunas**

#### **5.2.3.1 Estudos Realizados**

No Estado do Ceará, o processo de individualização dos depósitos eólicos em gerações distintas evoluiu de 02 (duas) gerações iniciais (BRAGA et al., 1981; RADAMBRASIL, 1981 e CARVALHO e MAIA, 1990), para 03 (três) gerações a partir dos trabalhos de Maia (1993) e Carvalho (1994), e em seguida para 04 (quatro) gerações nos trabalhos mais recentes de Maia (1998) e Carvalho et al. (1999), dentre outros. Mais recentemente Claudino-Sales (2002), individualizou 05 (cinco) gerações de dunas na costa cearense.

A formação e evolução dos campos de dunas costeiras e litorâneas do Ceará são caracterizadas por vários episódios sucessivos de mobilização e de acumulação de areias.

Com base na distribuição das idades ao longo do tempo pode-se concluir que as dunas foram formadas no litoral do Ceará desde o Pleistoceno Superior (390.000 anos) até os dias de hoje (MAIA et al, 2008).

A ampla faixa de variação de idades de dunas estudadas mostra que as atividades eólicas foram bastante frequentes, provavelmente intercaladas por vários momentos de estabilidade parcial e fixação de dunas. Outra conclusão importante a partir das idades de termoluminescência (TL), é que as dunas se estabeleceram sem correlação direta com os níveis relativos do mar, indicando que possivelmente flutuações climáticas extremas controlariam os ciclos de atividade eólica na região Nordeste do Brasil (MAIA et al, 2008).

No Ceará, as gerações de dunas mais recentes ocupam cerca de 1.700 km<sup>2</sup> e distribuem-se de forma descontínua em uma zona costeira por uma faixa de terra de cerca de 2 a 6 km de largura (CLAUDINO-SALES, 2002). Em Fortaleza as dunas móveis de idade recente ocupam hoje uma área de aproximadamente 3 km<sup>2</sup>, somando as dunas da Praia de Sabiaguaba e Praia do Futuro. Essa área certamente era bem maior, pois grande parte das dunas encontradas no litoral de Fortaleza foram quase que completamente erradicadas da paisagem (ver capítulo 07).

Dentro desta perspectiva, Claudino-Sales (2002) identificou cinco principais gerações de dunas no litoral cearense.

Desde a mais recente as mais antigas, elas correspondem: dunas atuais ou D1 são dunas móveis, formadas pela dinâmica litorânea e costeira atual, com idade média de 400 anos.

Maia et al (2008) ressalta que apesar deste sistema de dunas estarem em migração, já não recebe aportes de novos materiais da praia, fazendo com que os terraços marinhos, as dunas inativas e a própria duna seja a fonte de sedimentos para sua migração. Estas dunas se encontram separadas da praia por distâncias entre 600m e 2.000m, e migram sobre as gerações de dunas anteriores.

As dunas sub-atuais ou D2, são móveis, formadas entre 400 anos e o intervalo médio de 1.0 ka. Essa definição é dada pela existência de dunas móveis em Jericoacoara que, realizando o bypass sobre a ponta de Jericoacoara, migram há quase 1.000 anos.

As gerações de dunas acumuladas durante a regressão marinha holocênica, hoje fixadas, são denominadas dunas D3. As condições e período de ocorrência dessa regressão não se encontram ainda bem caracterizadas, mas considera-se o intervalo entre 2,7 ka e 1,2 ka para a sua definição temporal, estando o limite superior baseado em idade C<sup>14</sup> de 2,7 +/- 140 ka A.P. de conchas de rochas de praia (Praia de Sabiaguaba - CLAUDINO-SALES, 2002). Elas seriam representadas pelas parabólicas *hairpin*, por parcelas do campo de dunas fixas mal definidas e pelos eolianitos (CLAUDINO-SALES, 2005).

As dunas de geração anterior, contemporâneo e posterior à transgressão holocênica 5,1 ka SUGUIO (2005) formam as dunas D4, normalmente compactadas e edafizadas, ou seja, com desenvolvimento de solos (CLAUDINO-SALES, 2005).

O conjunto de dunas D5 de idade pré-transgressão holocênicas, representa depósitos arenosos compactados sobre os tabuleiros, agregados à Formação Barreiras no seu fácies arenoso, conhecido como paleodunas.

Elas representariam todas as acumulações cuja identificação ainda não pode ser feita, e em Fortaleza provavelmente estão relacionadas às paleodunas visualizadas em mapas geológicos, localizadas em setores da cidade hoje bem afastados da zona litorânea propriamente dita, onde encontramos as dunas mais recentes e móveis.

As datações por termoluminescência mostram que a estabilização de dunas costeiras no Ceará tem existido desde o fim do penúltimo período glacial (cerca de 130 ka A.P) (TSOAR et al, 2008). Muitas das dunas foram estabilizadas durante o último período glacial. Como já mencionado, existiram muitos ciclos de mudanças climáticas abruptas aquecimento /resfriamento durante o último período glacial. Essas idades correspondem a esses períodos, que implicaram em intensa mudança para o sul da ZCIT, com o resultante decréscimo da velocidade dos ventos (TSOAR et al, 2008).

### **5.2.3.2 As Gerações de Dunas em Fortaleza**

Para a classificação de gerações de dunas no litoral de Fortaleza utilizou-se o setor leste da área em estudo, a praia de Sabiaguaba e do Futuro, importante segmento sedimentar da área de Fortaleza e onde a partir das análises de fotografias aéreas obtidas – ano de 1958 – pôde-se analisar os atributos naturais ainda resguardados até o momento, portanto, possibilitando identificar as gerações de dunas correspondentes.

Para a área de estudo, usando a classificação de Claudino-Sales (2002), identificou-se através da morfologia e datação, grosso modo, 3 gerações de dunas (Figura 27) visíveis a partir da interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas (Figuras 28, 29 e 30).

<b>Gerações de Dunas de Fortaleza quanto a sua Morfologia</b>			
	<b>1ª Geração (Dunas D1)</b>	<b>2ª Geração (Dunas D2)</b>	<b>3ª Geração (Dunas D3)</b>
Período de Formação (Idade)	200/ 300 anos	300/400 anos e 1,2 ka	1,2 Ka e 2,7 ka
Dinâmica e Tipologia	Móveis e semi-fixas (dunas frontais, <i>nebkas</i> ).	Móveis – Dunas Compostas ou Lençóis de Areia ( <i>sandsheets</i> )	Fixas (Parabólicas <i>Haipin</i> )
Localização	Praia do Futuro e Sabiaguaba	Praia do Futuro e Sabiaguaba	Praia do Futuro e Sabiaguaba (1958)
Situação atual	Na área de Sabiaguaba as dunas frontais encontram-se parcialmente preservadas, com exceção das áreas ocupadas por barracas de praia que se localizam sobre as dunas frontais. As <i>nebkas</i> ainda resistem em algumas porções da Praia do Futuro e boa parte da Sabiaguaba	Em Sabiaguaba encontram-se protegidos através da criação do Parque Municipal das Dunas, mas antes da criação em 2006, boa parte já havia sido ocupada para a construção de hotéis e clubes. (ver mapa)	Completamente destruídas, aplainadas, e em algumas áreas, como em sabiaguaba ocorre processo de reativação por interferência antrópica.

Figura 27 - Classificação das dunas de Fortaleza quanto às gerações de dunas correspondentes. Org: Mônica Pinheiro.



Figura 28 - Fotografias aéreas (1958) mostrando a localização das gerações de dunas identificadas em sabiaguaba (1958). A: Dunas compostas ou lençóis de areia (2ª Geração); B: dunas frontais (1ª Geração); C: Parabólicas fixas (3ª Geração).

Para as dunas de idade D1 que correspondem aos depósitos dunares formados durante os 200 ou 300 anos, encontra-se as dunas frontais e *nebkas*. São dunas classificadas como semi-fixas quanto à dinâmica (ver item 5.3.) encontradas em diferentes setores do campo de dunas, tanto na praia de Sabiaguaba quanto na do Futuro, em ambos os anos analisados (1958 e 2008).

A outra geração identificada na área de estudo foram as dunas D2, que se apresentam na forma móvel. Foram formadas no período entre 300/400 anos e 1,2 Ka (CLAUDINO-SALES, 2002). As dunas compostas ou lençóis de areia que se encontram na costa cearense teriam idade D2.

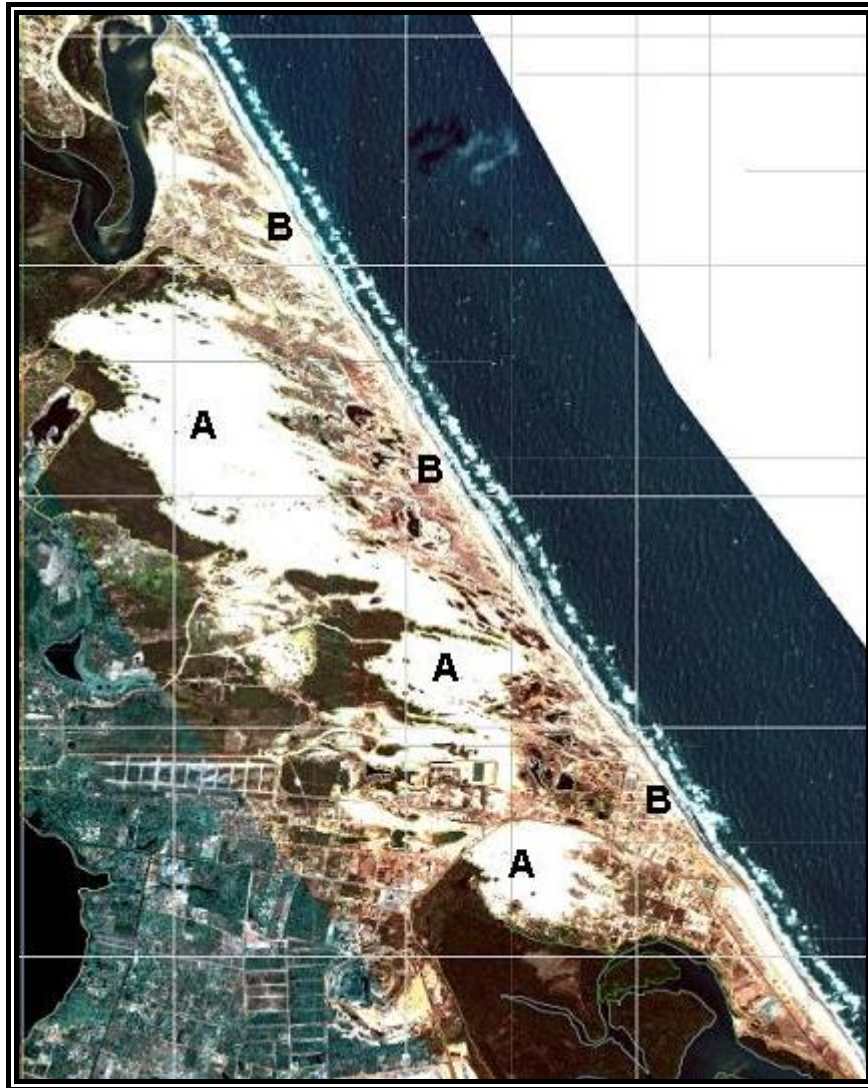


Figura 29 - Imagem de satélite (2003) mostrando a localização das gerações de dunas identificadas em Sabiaguaba (2003). A: Dunas compostas ou lençóis de areia (2ª Geração); B: dunas frontais (1ª Geração).

A idade identificada para esse tipo de duna na área de Sabiaguaba foi de aproximadamente 250 anos. Essa idade foi calculada através da velocidade de migração atual das dunas do tipo lençol de areia, que é de 6m/ano no Estado do Ceará (MAIA, 1998), tomando como referência para definir o ponto de partida de migração, a faixa de praia, a partir da imagem de satélite *Google Earth* (2008), a mesma utilizada para a confecção dos mapas.

Essa geração também é caracterizada pelas dunas de transpasse, as quais alimentavam a faixa de praia após percorrer as pontas litorâneas. Em Fortaleza são as dunas que migravam sobre a Ponta do Mucuripe (Figura 30).



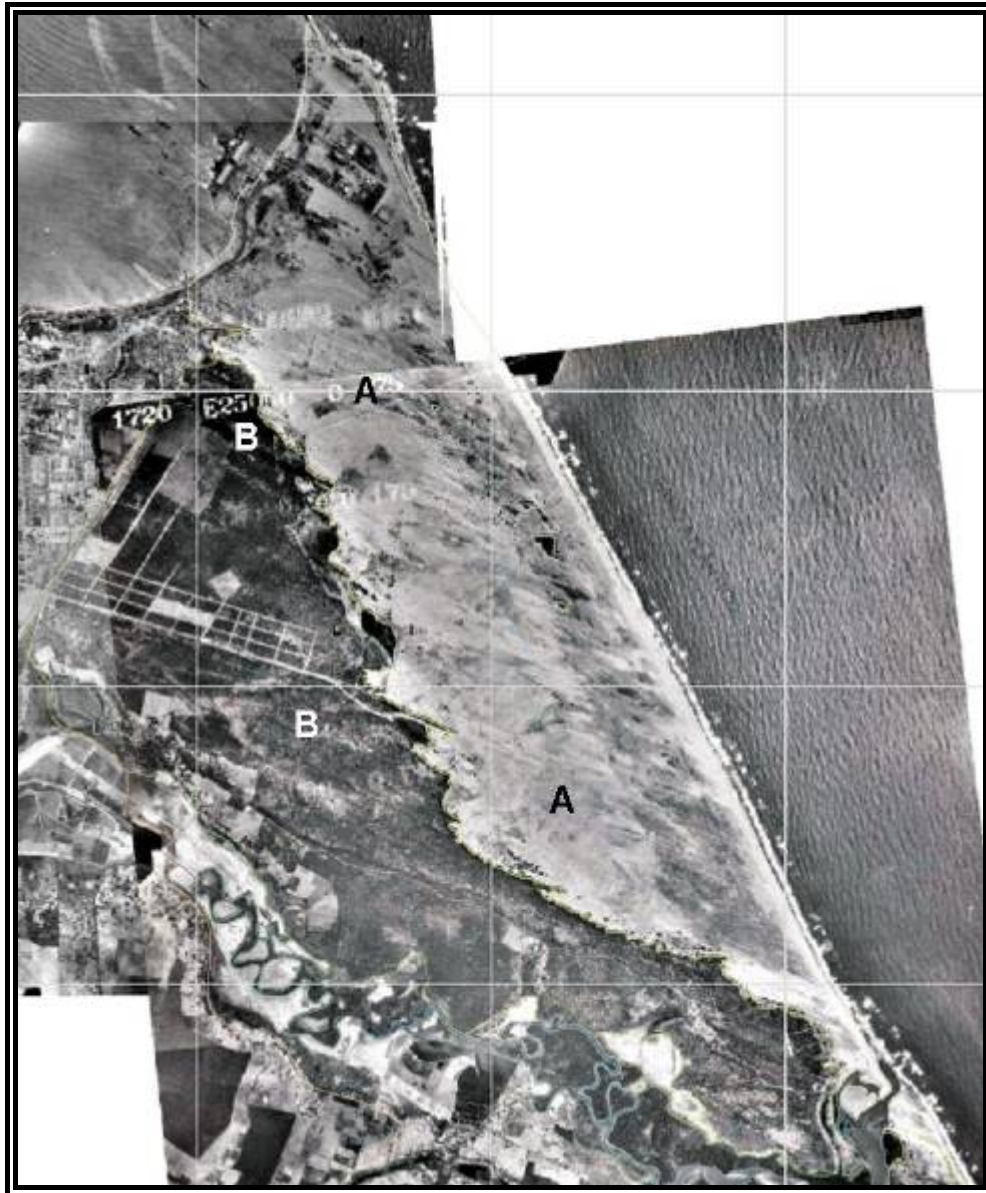


Figura 30 - Fotografias aéreas (1958) mostrando a localização das gerações de dunas identificadas na Praia do Futuro (1958). A: Dunas compostas ou lençóis de areia (2ª Geração); B: Parabólicas fixas (3ª Geração).

As dunas já fixadas do tipo parabólicas *hairpin* (ver item 5.3.) encontradas no litoral de Fortaleza, tanto nos setores de Sabiaguaba quanto na Praia do Futuro no ano de 1958 (Figura 28 e 30), fazem parte da terceira geração de dunas ou dunas D3 (ver item 5.2.3.2.1). Apresentam-se distribuídas em grupos complexos, indicando que foram formadas em vários períodos de estabilização e mobilização. Possuíam cerca de 200m de largura e 1,3 km de comprimento, localizada a sotavento das dunas móveis do tipo lençol de areia. Dessa forma, pode-se entender que o processo de modificação das formas das dunas ao longo de sua migração ainda é algo não muito bem esclarecido e por isso faz parte de nossa análise no item posterior onde aprofundaremos o estudo das tipologias de cada duna. As diferentes gerações

de dunas podem ser encontradas isoladamente ou em sucessão em vários lugares da costa, porém, nenhuma seqüência completa ainda não foi identificada em um mesmo local (CLAUDINO-SALES, 2002), ou seja, todas as gerações de dunas inseridas em uma mesma área.

As gerações de dunas comportam diferentes tipos de formas, em razão da especificidade da dinâmica litorânea e costeira e das características sedimentológicas de cada um dos compartimentos geomorfológicos onde se situam.

Pode-se identificar diferentes situações dentro da perspectiva de variações climáticas e mudanças no nível relativo do mar e suas implicações na formação de dunas, porém, a continuidade dos estudos revelará com mais precisão indícios dessa interação para a área de estudo.

#### **5.2.3.2.1 A Datação Realizada**

Para uma melhor análise e compreensão da dinâmica natural do ambiente geomorfológico de dunas costeiras em Fortaleza, área objeto de nosso estudo, providenciou-se a execução de método de datação para duas amostras em pontos distintos do campo de dunas de Fortaleza (Figura 31).

A primeira amostra foi coletada em duna fixa, localizada no bairro Cocó (Figuras 32 e 33) a 3,86 km da faixa de praia atual. Essa duna se caracteriza morfologicamente como resquícios do alinhamento de dunas fixas existente, anterior à urbanização da área. Essas dunas tinham morfologias típicas de parabólicas, porém com o avanço da urbanização da cidade de Fortaleza, que será discutido posteriormente, essas formas foram removidas e hoje sustentam bairros da cidade, restando pouco do que antes existia.

A segunda amostra de coleta foi efetuada em duna fixa da praia de Sabiaguaba, localizada a 13 km do centro de Fortaleza. Essa duna fixa posiciona-se a 1,74 km da linha de costa a sotavento do campo de dunas móveis se caracterizando atualmente como dunas fixas sem forma definida. A partir da análise de fotografias aéreas do ano de 1958, identificou-se na área de coleta, dunas fixas do tipo parabólicas, assim como as que eram encontradas na área da duna do Cocó. Atualmente essas dunas se encontram parcialmente ocupadas.



Figura 31 - Localização das duas amostras coletadas em dunas fixas de Fortaleza. Imagem *Google Earth*, 2008.



Figura 32 - Duna fixa do Cocó. Local de coleta da datação. Foto: João Correia (Dez/2008).



Figura 33 - Local de coleta da amostra da duna do Cocó. Foto: João Correia (Dez/2008).

De acordo com datação realizada pelo método Luminescência Ópticamente Estimulada - L.O.E em dois pontos distintos de dunas fixas em Fortaleza, duna fixa localizada no bairro Cocó e na Praia de Sabiaguaba, chegou-se aos seguintes resultados.

A duna fixa localizada próximo ao rio Cocó (Figuras 32 e 34) apresentou idade de 1.100 +/-150 ka. Essa idade se enquadra na 3ª geração de dunas de Claudino-Sales (2002), acumuladas durante a regressão marinha holocênica. Segundo a autora, considera-se o intervalo 2,7 ka e 1,2 ka para sua definição, estando o limite superior baseado em idade  $C^{14}$  de 2,7+/-140 ka A.P. de conchas de rochas de praia (Praia de Sabiaguaba – CLAUDINO-SALES, 2002).

A segunda amostra localizada na Praia de Sabiaguaba (Figura 35) em duna fixa a sotavento do campo de dunas móveis, apresentou idade de 1.900+/-250 ka. Esse intervalo também se enquadra na 3ª geração de dunas de Claudino-Sales (2002), formada durante a regressão marinha holocênica.

A diferença de idade das duas amostras dentro do campo de dunas de Fortaleza, duna fixa do Cocó (1.100 +/-150 ka) e duna fixa Sabiaguaba (1.900+/-250 ka) apresentam distinções de âmbito geomorfológico relacionadas a diferenciações quanto à localização.



Figura 34 - Localização da duna fixa datada, localizada no bairro Cocó em Fortaleza. Imagem *Google Earth*, 2008.



Figura 35 - Localização da duna fixa datada, na Praia de Sabiaguaba, litoral leste de Fortaleza. Imagem *Google Earth*, 2008.

Na área onde foi coletada a amostra da duna do Cocó encontra-se um ambiente relativamente conservado, de altitudes elevadas e a 3,68 km da linha de costa atual. Verifica-se, também, a presença de vegetação de porte arbóreo-arbustiva, em ambiente mais resguardado da ação de deflação, em comparação com outros segmentos mais próximos a linha de costa.

Quanto à duna de coleta da datação em Sabiaguaba, apresentou idade mais antiga, porém encontra-se a 1,74 km da faixa de praia atual com altitude inferior à duna do Cocó (Figura 36). Essa diferença é ocasionada pela ação da deflação em episódios de oscilações climáticas milenares, cuja ação se deu nesse pacote dunar, por estar mais exposto, mais próximo à faixa de praia, em comparação com a duna do Cocó.



Figura 36 - Foto do contexto de dunas fixas da praia de Sabiaguaba. Foto: Mônica Pinheiro (Dez/2008).

Os resultados das doses acumuladas, doses anuais e das idades estão apresentados na Figura 37:

<b>Amostra</b>	<b>Coordenadas (UTM)</b>	<b>Dose anual (<math>\mu\text{Gy}/\text{ano}</math>)</b>	<b>Dose acumulada (Gy)</b>	<b>Idade (anos)</b>
AFT01 – Duna Cocó	557807 e 9585705.05 S	1.800 +/- 170	1,97	1.100+/-150
AFT02 – Duna Sabiaguaba	562093 e 9581426.95 S	2.200 +/- 170	4,17	1.900+/-250

Figura 37 - Amostra, coordenada, dose anual, dose acumulada e idade das duas amostras datadas.

### 5.3 Tipologia das Dunas no Litoral de Fortaleza

As grandes famílias de formas dunares caracterizam-se quanto a sua morfologia em: dunas móveis, dunas semifixas, dunas fixas, os eolianitos ou dunas cimentadas e as formas de deflação.

De acordo com a classificação sobre tipologia de dunas realizada por Claudino-Sales (2002), identificou-se a morfologia das dunas presentes no litoral de Fortaleza para o setor leste, correspondente entre a foz do rio Pacoti e a Ponta do Mucuripe, apoiadas em análises de fotografias aéreas, ano base de 1958, assim como amparados nos atributos naturais que ainda hoje resistem à destruição no caso das dunas de Sabiaguaba, visualizadas nas atividades de campo.

De acordo com a análise, pôde-se montar uma classificação tipológica para as dunas do litoral de Fortaleza. Identificou-se na área em estudo dunas móveis do tipo Dunas Compostas ou Lençóis de Areia, semi-fixas como as Frontais e *Nebkas* e dunas fixas sem forma definida, e Parabólica *haipin*.

Discuti-se a seguir, todas as formas identificadas para o litoral de Fortaleza, os processos evolutivos e de formação assim como sua devida localização.

#### 5.3.1. As Dunas Móveis

As dunas móveis caracterizam-se por um transporte permanente dos grãos de areia, resultando em uma permanente migração das formas dunares. O transporte desses grãos segue inicialmente o ângulo do barlavento, depositando-se em seguida, na vertente a sotavento, onde há forte turbulência. Desta forma os grãos na base do barlavento migram pelo perfil da duna até o sotavento.

Esse transporte gera uma estrutura interna de leitos com mergulho próximo da inclinação do sotavento (SÍGOLO, 2003) induzindo a migração de todo o corpo da duna (Figura 38).

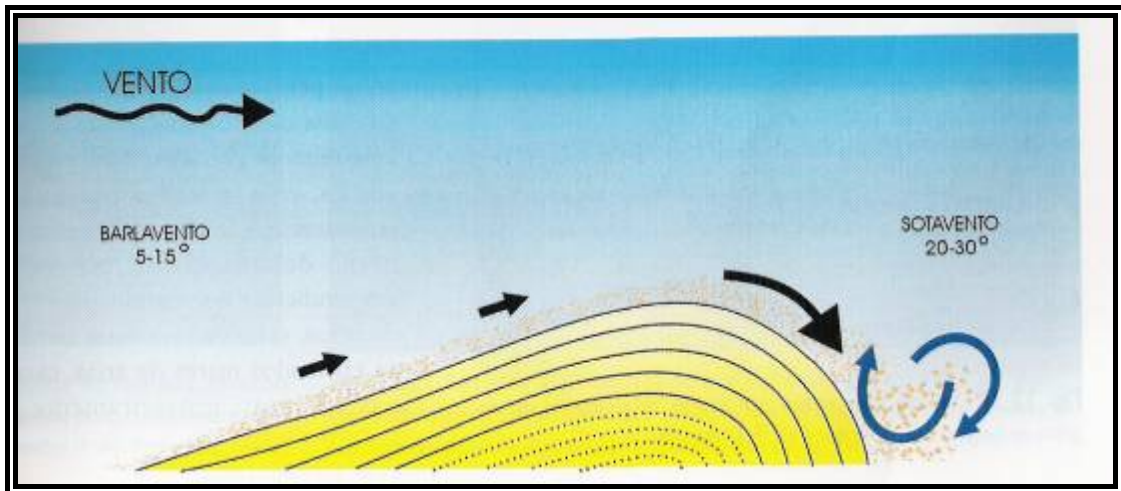


Figura 38 - Dinâmica de uma duna móvel com seus respectivos ângulos a barlavento e sotavento. Fonte: SÍGOLO, 2003.

As dunas móveis em Fortaleza ocupam faixas maiores entre os dois estuários do Cocó e Pacoti, alongando-se em direção à porção mais setentrional próximo, ao rio Cocó, onde apresentam o seu maior desenvolvimento. Os cordões fixos, especializam-se em direção ao interior, ao longo das planícies fluviais e em setores restritos a sotavento das dunas móveis, como ocorre em Sabiaguaba e em porção sudeste da Praia do Futuro (Figuras 39 e 40).

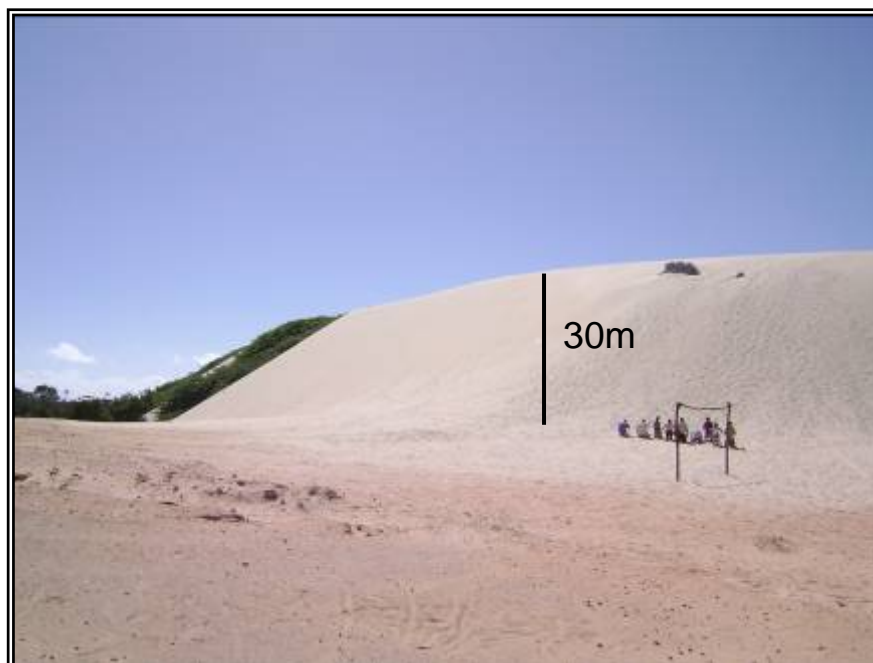


Figura 39 - Duna Móvel em Sabiaguaba, com sua vertente a sotavento apresentando altitude com em torno de 30m, considerando um erro de 5 a 6 metros do GPS utilizado. Foto: Mônica Pinheiro (Agosto/2008).





Figura 40 - Migração do campo de duna móvel em Sabiaguaba na direção da foz do rio Cocó, em destaque para a inclinação do ângulo a sotavento. Foto: Mônica Pinheiro (Agosto/ 2008).

Os cordões dunares em Fortaleza, presentes no segmento leste da cidade, possuem direção geral de migração no sentido SE-NW com disposição de forma paralela ao litoral, longitudinais ao vento dominante, embora apresentem inflexão (mudança de direção) para a direção WNW, o que lhes confere uma disposição levemente oblíqua em relação à costa (Figura 41).

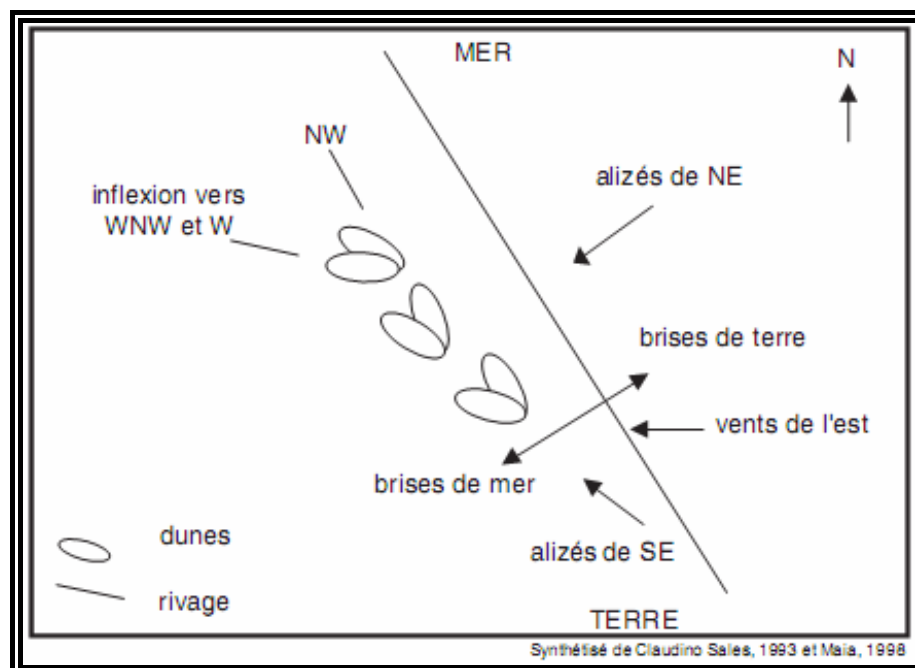


Figura 41 - Desenho esquemático da direção dos campos de dunas em Fortaleza. (Claudino-Sales, 2002).

Levando-se em consideração a atuação dos ventos de E e de SE, é de supor que a inflexão dos depósitos dunares derive da ação combinada dos alísios de SE com as brisas marítimas de direção E.

Os campos de dunas móveis de Fortaleza apresentavam dimensões consideráveis. Com o avanço da urbanização em direção a essas áreas, pouco restou desse ambiente na cidade. No setor da Praia do Futuro, as dunas acham-se atualmente praticamente erradicadas da paisagem local pela urbanização da área (Figura 42). Ao contrário, em Sabiaguaba, encontra-se o ambiente de dunas móveis parcialmente conservado, com o campo de dunas compostas em pleno processo de migração ao longo da planície costeira.

#### **5.3.1.1 Dunas Compostas ou Lençóis de Areia**

No Nordeste, as dunas compostas ou lençóis de areia formam-se em planícies de superfícies irregulares, situadas em geral distante 500 ou 600 metros da margem costeira atual. Apresentam larguras de 2 km a 6 km e de 20 a 30m de altura em média, elas representam os maiores campos de dunas da zona costeira do Ceará (CLAUDINO SALES, 2002). Sua gênese pode estar relacionada a uma acumulação dentro de um longo período de tempo de areias levadas pela deflação das praias e das flechas litorâneas, assim como pela erosão de paleodunas e dos tabuleiros costeiros.

Os lençóis de areia são na realidade, campos de dunas transversais que migram preservando as cristas transversais contínuas e sinuosas. Dessa forma, as cristas perduram ao curso da migração dentro da zona costeira, mudando somente de forma.

Apresentam frequentemente várias formas, frente parabólica ao início da migração, adquirindo frentes retilíneas e ao fim, desenhos de forma barcanóides (CLAUDINO SALES, 2002). Por essa razão, optou-se por aderir a mudança de nome dada a esse tipo de dunas, de lençol de areia sem forma definida para dunas compostas, ou seja, dunas que agrupam vários tipos de formas dentro de um conjunto único.

Os processos dessas modificações são reversíveis, e em razão da presença de obstáculos tais como lagoas, perenes ou intermitentes, e de formas vegetais no contato entre formas móveis e fixas, as cristas podem reencontrar os contornos retilíneos e parabólicos.

Estas mudanças e a migração do conjunto dunar se fazem com uma velocidade estimada em 6 metros / ano (MAIA, 1998).

Atualmente, em Sabiaguaba, as dunas compostas ocupam a maior parte da área, com largura de 4 km, medidos a partir do rio Pacoti em direção ao rio Cocó. O comprimento chega a 1,7 km em média em direção ao continente. Elas se encontram afastadas da praia cerca de 500m em média, correspondendo, essa faixa, à planície de deflação. Suas altitudes podem variar, chegando até cerca de 30m no caso de Sabiaguaba (ver Figura 39). As dunas compostas da Sabiaguaba (Figura 43) apresentam em seu contexto grande quantidade de dunas semi-fixas do tipo *nebkas* (ver item 5.3.2), na porção da vertente a barlavento.

### **5.3.2. As Dunas Semi-Fixas**

As dunas semi-fixas caracterizam-se pela semi-mobilidade, ou seja, não são totalmente móveis e nem totalmente fixas. Sua característica principal é possuir partes de sua estrutura coberta pela vegetação, demonstrando que há aporte mais ou menos equilibrado com a saída de sedimentos, de forma a haver mobilidade (dos sedimentos), mas não migração (mudança espacial) do corpo dunar. Isto é, o saldo entre entrada e saída de sedimentos é praticamente zero.

Como dunas semi-fixas presentes no litoral de Fortaleza pode-se encontrar as dunas Frontais, localizadas próximas à faixa de praia, na área da Praia do Futuro e Sabiaguaba e as dunas *Nebkas* que pontilham quase todo campo de dunas de Sabiaguaba e Praia do Futuro sobre diferentes tamanhos.

#### **5.3.2.1. Dunas Frontais**

As Dunas *Bordières* ou Frontais são formas essencialmente litorâneas, não se formando fora desta zona (CLAUDINO SALES, 2002). Elas bordejam, como sua denominação indica toda a faixa frontal litorânea, sendo localizada paralelamente à praia (Figuras 44 e 45). São dunas em equilíbrio dinâmico, que recebem grande quantidade de areias das praias, mas não aumentam muito de altitudes, pois fornecem as areias para o interior da zona costeira.





Figura 43 - Dunas do tipo compostas em Sabiaguaba, com planície de deflação com cerca de 500m. Foto: Mônica Pinheiro (Agosto/2008).

As dunas frontais são cristas dunares arenosas vegetalizadas formadas nos setores mais próximos ao mar nas faixas de pós-praia. Geralmente, essas formas representam cristas convexas vegetalizadas alinhadas paralelamente à faixa de praia (HESP, 2002).



Figura 44 - Detalhe de duna frontal na área de Sabiaguaba. Foto: Mônica Pinheiro (Ago./2008).



Figura 45 - Dunas Frontais na área da Sabiaguaba. Localizam-se paralelas a faixa de praia e ao cordão de rochas de praia. Local de movimento e ocupação por barracas de praia. (Fotos: Mônica Pinheiro/Agosto 2008).

Correspondem a formas alongadas, em que o comprimento prevalece em relação à altura e à largura, alinhadas paralelamente à atual linha de costa. Encontram-se recobertas por uma vegetação nativa típica da zona de berma, cuja função reside na fixação parcial do corpo arenoso.

Segundo Muehe (2003), dunas frontais pequenas e estáveis se desenvolvem à retaguarda de praias de baixa energia de ondas. Com o aumento de energia das ondas, as praias tendem a se tornar dissipativas, aumentando o aporte potencial de areia, e as dunas frontais se tornam mais largas e instáveis.

Através da ação da vegetação fixadora, as areias mais grossas são fixadas, de tal forma que as dunas frontais evoluem de pequenos montículos de areia até finalmente constituir uma duna na margem do litoral.

Desde que as condições litorâneas não mudem ou que as variações climáticas temporais lhe permitam, elas formam um cordão dunar paralelo ao pós-praia, de dimensões variáveis, onde os principais efeitos são o de proteger o litoral contra a ação erosiva das ondas e de impedir a penetração de água salina dentro de reservatórios de água doce (CLAUDINO-SALES, 2002; PASKOFF, 1989). Sua altura pode em certos lugares não passar de mais de 1m de altura, mas em outros elas podem atingir de 2 à 3m (CLAUDINO SALES, 2002).

Dunas frontais, ou suas variedades morfológicas, são descritas na bibliografia brasileira sob diversos outros nomes como dunas barreira, dunas cordão e dunas bordejantes. Em Sabiaguaba elas bordejam quase toda a praia, sendo interrompidas somente nas áreas ocupadas por barracas de praia. São relativamente largas e ajudam na proteção do litoral nas fases de marés extremas como as de sizígia. Tais formas são fixadas por vegetação pioneira no topo de praias (berma) protegidas por rochas de praia ou outros obstáculos que interceptam a ação dos ventos como ocorre em Sabiaguaba (Figura 45).

### 5.3.2.2. As Nebkas

As dunas do tipo *Nebkas* são freqüentes dentro do setor de pós-praia. Elas são colonizadas por uma vegetação psamófila diferente das dunas frontais, pois sobre as dunas *nebkas* a vegetação predominante é arbustiva (Figuras 46 e 47).



Figura 46 - Campo de Dunas antropizado no bairro Mucuripe, Morro Santa Terezinha. Ainda presente grande quantidade de areias móveis no seu topo com a presença de dunas semi-fixas do tipo *Nebkas*. (Foto: Marcelo Martins/2007)

No início as dunas *nebkas* não passam de alguns centímetros de altura e largura. Com a continuação a vegetação retém mais e mais sedimentos sobre o lugar, formando montículos arenosos sob o vento, podendo atingir alguns metros de altura, de largura e de extensão.



Figura 47 - Dunas *Nebkas* na planície costeira de Sabaguaba. Foto: Mônica Pinheiro (Agosto/2008).

Na área de pesquisa estão presentes no topo dos campos de dunas móveis e em sua vertente a barlavento como é o caso das *nebkas* de Sabaguaba e Praia do Futuro.

Em Fortaleza encontra-se essas formas tanto nos setores da Praia do Futuro quanto da Sabaguaba dentro dos campos de dunas compostas como também, nas áreas de planície de deflação como exemplo em Sabaguaba (Figura 47).

### 5.3.3 As Dunas Fixas

As dunas fixas são caracterizadas pela imobilidade atual dos sedimentos que as compõem, a partir da colonização por vegetação costeira.



Segundo Tsoar e Arens (2003), os fatores que afetam o crescimento da vegetação em dunas são determinados por: baixas médias de precipitação; ventos muito fortes e freqüentes, que erodem a duna e impedem a germinação da vegetação ou soterram a vegetação, pois a areia é muito sensível à erosão eólica em função da ausência de coesão entre os grãos e a intensa interferência humana.

Os ventos tendem a diminuir de intensidade em direção ao interior da zona costeira. Assim, há uma tendência a que os cordões de dunas fixas se situem mais distantes da praia.

De maneira geral, pode-se dizer que todas as dunas costeiras estabilizadas atualmente indicam terem tido mobilidade no passado, provavelmente sob regime climático diferente do atual (ver item 5.2.1.) (TSOAR e ARENS, 2003).

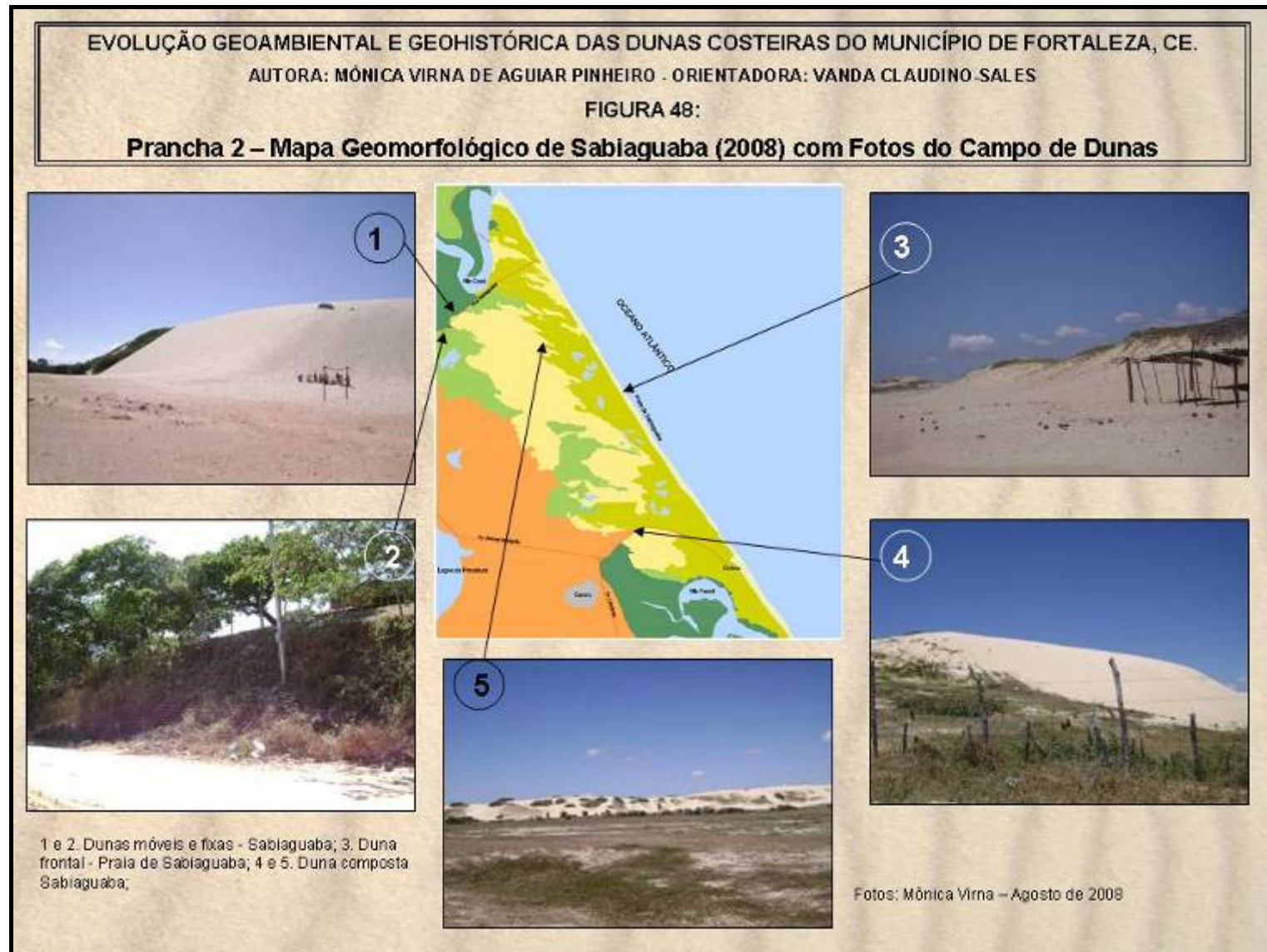
Altamente especializadas, as espécies de plantas pioneiras que as constitui, são capazes de resistir à aridez, altas temperaturas da superfície, ventos com alto teor de salinidade, rajadas de areia e baixa disponibilidade de nutrientes, responsáveis pelo início do processo de estabilização de areias (HESP, 2000).

As dunas estabilizadas dominam nos setores adjacentes aos estuários dos rios Pacoti e Cocó (Figura 48). As dunas fixas situadas à sotavento nesse trecho acham-se completamente colonizadas, do topo à base, por vegetação bastante significativa.

### **5.3.3.1 Parabólicas Fixas**

Em relação à distribuição, as dunas parabólicas fixas podem ser encontradas nas formas simples isoladas ou formando sistemas complexos que mostram que estas dunas se formaram ao longo de eventos de reativação, apesar do nível de fixação atual ser por vegetação do tipo arbóreo (MAIA et al, 2008).

As dunas parabólicas em forma de U acentuado (Figura 49) ou *hairpin* ocorrem, também, no entorno de pontas litorâneas, onde o estoque de areias é abundante. Elas apresentam várias dezenas de metros de extensão e até 30m de altura, com comprimento de 3km (Iguape), 6 km (Pecém), 11km (Guriú) e até 13 km (Taíba/Lagoa dos Talos) (CLAUDINO SALES, 2002).



Em Fortaleza essas formas já foram praticamente destruídas restando alguns resquícios no bairro do Cocó, à margem oeste do rio Cocó. No ano de 1958 elas eram visíveis: possuíam cerca de 200m a 500m de extensão e 1,3 km de comprimento (Praia do Futuro), 760m (Sabiaguaba). Na Praia do Futuro chegavam a distar cerca de 2 km a sotavento do campo de dunas móveis (ver Figuras 28 e 30). Fazem parte desse grupo as dunas datadas no presente trabalho. Atualmente, elas se apresentam sem forma definida, após as inúmeras intervenções urbanas efetuadas na zona costeira de Fortaleza.

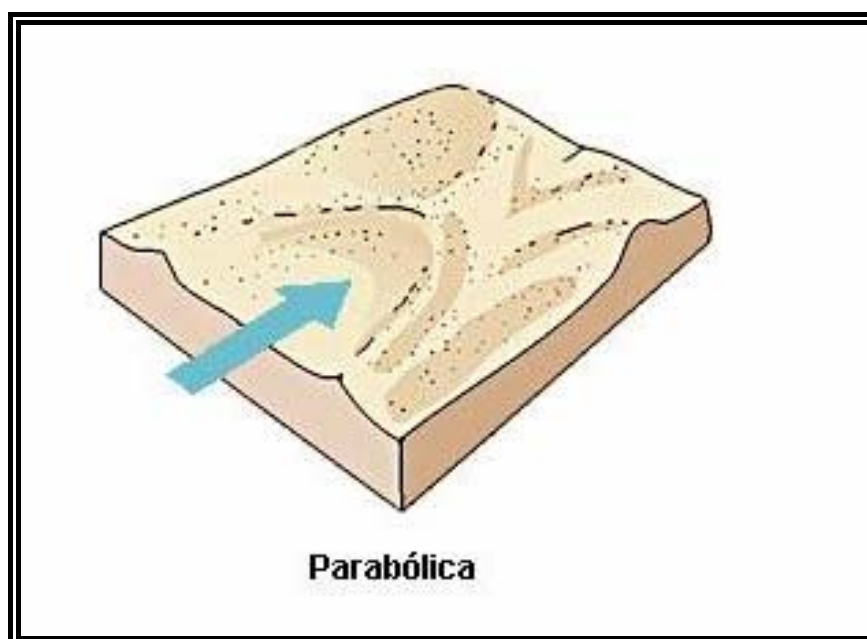


Figura 49 - Desenho esquemático da morfologia de uma duna parabólica.

Encontravam-se a sotavento das dunas compostas, confirmando a possibilidade de transformação desse tipo de duna (compostas) em dunas do tipo Parabólicas, demonstrando que nem só duna barcanas ou barcanóide evolui para parabólicas, mas também as dunas compostas, como as que encontrávamos na zona costeira de Fortaleza (ver figuras 28 e 30).

## Capítulo 6 – Evolução Geohistórica do Campo de Dunas de Fortaleza

---

### 6.1. Ocupação e Urbanização de Fortaleza

Os portugueses chegaram ao Brasil em 1.500, mas foi apenas a partir de 1530 que Portugal decidiu, definitivamente, colonizar o país. A colonização do Ceará foi ainda mais tardia. Com efeito, no século XVI, ficou o Ceará praticamente esquecido pela coroa Portuguesa. Algumas razões são apontadas como: correntes aéreas e marinhas, que dificultavam o acesso à costa cearense; a resistência dos índios à presença do invasor português e a aridez do clima.

O motivo principal, contudo, ao que parece, foi a falta de grandes atrativos econômicos. O Ceará não dispunha de ouro ou prata, não servia para o plantio em larga escala de cana-de-açúcar e não tinha especiarias. Assim, suas riquezas não despertavam, com intensidade, o interesse da metrópole.

Segundo Farias (1997), teria sido apenas no século XVII que o governador luso-espanhol teria iniciado a ocupação do litoral setentrional do Brasil e, em particular, do cearense. Tal ocupação fez-se por razões estratégico-militares: ocupar-se-ia o Ceará para proteger o território contra a ação de estrangeiros, sobretudo de franceses, que chegaram a fundar uma colônia na região (a França Equinocial, no Maranhão), ameaçando as posses ibéricas. Fazia-se necessário, também, estabelecer um ponto de apoio logístico para a conquista do litoral norte da colônia, ainda não ocupada produtivamente.

Em 1603, houve a primeira tentativa oficial de ocupação do Ceará, com o açoriano Pero Coelho de Sousa. Em Fortaleza, o capitão-mor fundou às margens do rio Ceará, o forte de São Tiago e o povoado de Nova Lisboa, chamando a área de Nova Lusitânia, permanecendo nesse local por pouco tempo.

Martim Soares Moreno, em fins de 1611, regressou ao Ceará para efetivar a posse da capitania, fundando na barra do rio Ceará, com ajuda dos índios Jacaúna, um pequeno forte, o forte de São Sebastião. Em 1637, o fortim de São Sebastião foi ocupado por holandeses. Estava, portanto, temporariamente desfeito o império luso no Ceará, mas em 1644, os índios invadiram e destruíram o forte de São Sebastião (FARIAS, 1997).

Em 1649, sob o comando de Matias Beck, ergueu-se na colina Marajaitiba (hoje inexistente), às margens do rio Pajeú (Figura 50), o forte *Schoonenborch*, homenagem ao então Governador do Brasil-Holandês. Em 1654, Beck retirou-se do Ceará, após expulsão flamenga e em consequência, os portugueses, através do capitão-mor Álvaro de Azevedo Barreto, retomaram a colonização, mudando o nome de forte Schoonenborch para Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, em torno do qual depois se desenvolveria a cidade de Fortaleza (Figuras 50 e 51) (FARIAS, 1997).

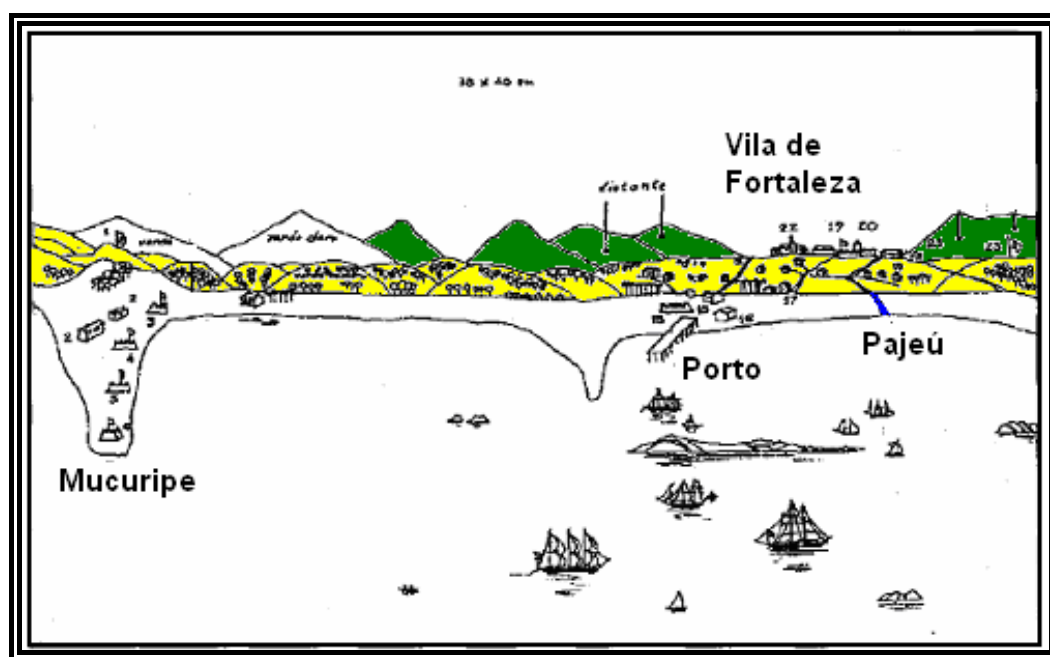


Figura 50 - Desenho de Fortaleza em 1810, com suas dunas (em amarelo) sustentando o início da ocupação da cidade, com as serras (em verde, em segundo plano) que eram avistadas por quem por aqui chegava. Adaptado de Castro (1977).

Foi na administração do Governador Manuel Inácio Sampaio, de 1812 a 1820, que foi elaborado o primeiro plano urbanístico de Fortaleza, feito pelo engenheiro português Antônio da Silva Paulet, visando ordenar as construções de obras públicas e particulares (Figura 52). Paulet também projetou a reconstrução, em 1812, do forte de Nossa Senhora da Assunção, agora em alvenaria. Surgem as primeiras normas de organização do espaço urbano, elaboradas pelo engenheiro, que propõe traçado de ocupação em forma xadrez. Quatro anos mais tarde, a primeira notação iconográfica que apresentava, por extenso, o curso do rio Pajeú, é elaborada pelo citado engenheiro. Em 1837, no açude Pajeú é construído, uma pequena barragem destinada a abastecer a cidade (FORTALEZA, 2003).



Figura 51 - Forte de Nossa Senhora d'Assunção construído no ano de 1649 sobre o morro Marajaitiba, feição dunar de Fortaleza. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

Deu-se na administração do padre Francisco Pinheiro Landim, com carta régia de 11 de Março de 1823, a elevação da vila de Fortaleza (como resultado de seu crescimento) à categoria de cidade, passando a ser chamada de Fortaleza de Nova Bragança (FARIAS, 1997).

Segundo Studart (1924) descreveu,

A vila da Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção tem uma enseada de 2 léguas de L a O e meia légua de N a S, formada pela ponta do mucuripe ocidental, e pela ponta da barra do rio Ceará ocidental, onde podem ancorar qualquer navio. Têm esta enseada três recifes de pedra.

Studart (1924), também, fala da criação da cidade de Fortaleza e descreve o riacho Pajeú, onde surgiu a cidade.

Fortaleza capital do Estado, criada vila por ordem régia de 11 de Março de 1725 e inaugurada a 13 de abril de 1726, e cidade com o nome de cidade da Fortaleza da Nova Bragança por carta imperial de 17 de março de 1823. Atravessada pelo pequeno riacho Pajeú outrora Marayjatiba, Ipojuca e Telha, que estes três nomes lhe deram antes do atual.

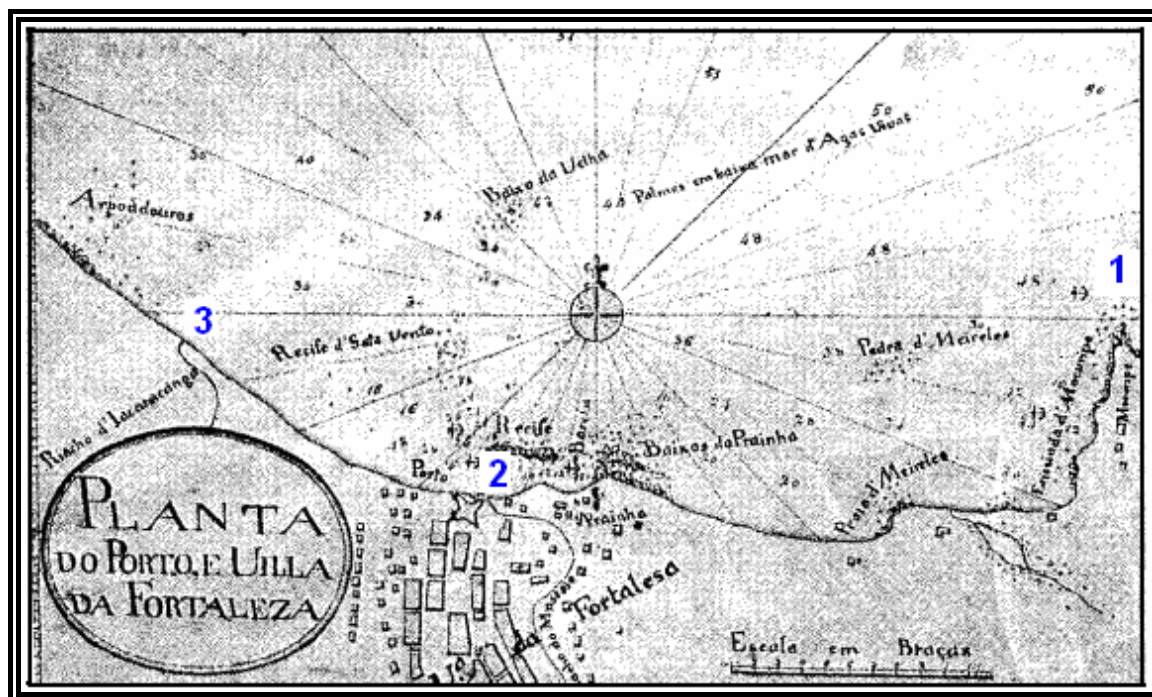


Figura 52 - Planta de Fortaleza em 1818 elaborada por Silva Paulet. O número (1) representa a ponta do mucuripe, o (2) o riacho Pajeú onde surgiu a cidade e o (3) riacho Jacarecanga.

Castro (1977) descreve a Fortaleza então colonizada em dois setores distintos. O primeiro, localizado na praia, refere-se ao antigo forte construído as margens do rio Ceará, e outro, no alto de um “morro”, de onde dominava a área, construído em segunda fase. Refere-se ao novo forte chamado de Nossa Senhora de Assunção. Assim, o forte localizado na praia as margens do rio Ceará ficou decadente, tornando-se então a partir daí conhecido por Vila-Velha. Hoje Vila-velha compreende um bairro de classe média baixa da capital Fortaleza, às margens do rio Ceará onde não encontramos resquícios do fortim de São Sebastião.

Durante o período imperial, a hegemonia político-econômica de Fortaleza tornou-a uma cidade de porte médio, dotada de razoável infra-estrutura. Constatase isso pelo surgimento, ao longo da segunda metade do século XIX, de vários equipamentos e serviços urbanos, como transporte coletivo por bondes de tração animal (1880), calçamento em algumas ruas centrais, linhas de vapor para a Europa e Rio de Janeiro a partir de 1856, sistema de canalização d'água em 1887, substituição do óleo de peixe pelo gás carbônico na iluminação pública também 1887, telégrafos (1881), novo porto (1891), telefonia (1883), Biblioteca Pública (1887), academias literárias e científicas, o Seminário da Prainha (1864) e eminentes jornais (FARIAS, 1997). Em 1863, a população estimada de Fortaleza era de 16.000 habitantes (FORTALEZA, 2003).

Os primeiros calçamentos foram feitos com pedras toscas vindas da Ponta do Mucuripe, e se iniciaram em 1857. O meio-fio ou fio de pedra nas calçadas foram usadas a partir de 1921. O paralelepípedo foi usado pela primeira vez em 1933, época em que também foi usado, pela primeira vez, o concreto como pavimentação (AZEVEDO, 2001).

Marco da “modernidade” de Fortaleza, contudo, foi a implantação de um novo plano urbanístico em 1875, objetivando sistematizar a expansão da cidade através do alinhamento de suas ruas e da abertura de novas avenidas.

O plano, elaborado pelo engenheiro pernambucano Adolfo Herbster (Figura 53), não era inteiramente original, mas “baseado” em um projeto da cidade de Paris, e mantinha o sistema traçado em xadrez já delineado por Silva Paulet no início do século (FARIAS, 1997).

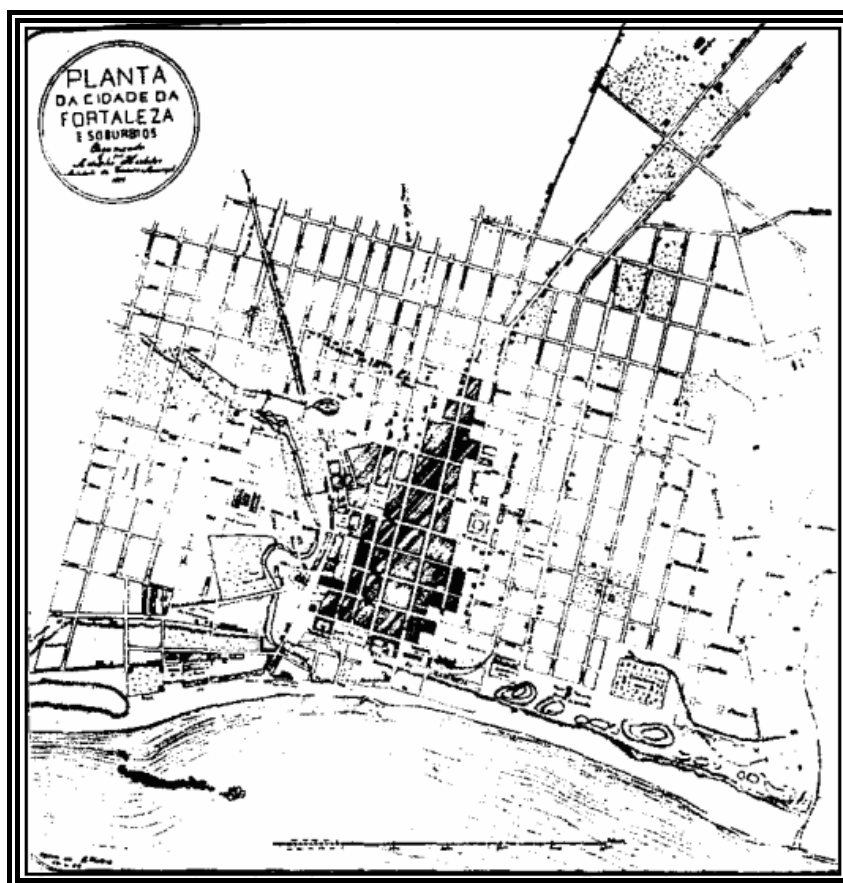


Figura 53 - Planta topográfica da cidade de Fortaleza e Subúrbios, elaborada em 1875 por Adolfo Herbster.

Este plano dispunha de novos elementos, como o levantamento das unidades ambientais. A época, a cidade ainda não ultrapassava os limites da bacia do Riacho Pajeú (FORTALEZA, 2003). A elaboração do Esquema Topográfico da Cidade de Fortaleza, por Adolfo Herbster, em 1875, conduz à explicitação de um espaço de sociabilização das classes abastadas, distanciando-as das zonas de praia, que eram ocupadas exclusivamente pelos



pobres, em especial, os pescadores (DANTAS, 2002). Assim é que, no plano de Adolfo Herbster (1875) a zona norte, representada pelas zonas de praia, não foi considerada (DANTAS, 2002).

Em adição, a ocupação dos recursos hídricos e da orla marítima, desde o decorrer do início do processo de expansão do município, no entanto, não ocorreu levando-os em consideração o trajeto natural dos rios, por exemplo, não foi respeitado na composição do traçado urbano de Herbster. Parte dos recursos hídricos, ao invés de serem incorporados à cidade, foram progressivamente canalizados e ocultados por vias (Figura 54).



Figura 54 - Rio Pajeú canalizado localizado no Paço Municipal de Fortaleza. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

As ocupações subnormais, que se intensificaram com o crescimento contínuo e desordenado da cidade, vêm contribuindo, também, para a acelerada degradação dos recursos naturais do município.

Assim, verifica-se que, com o intuito de solucionar problemas de ordenação territorial, desde o século XIX, Fortaleza já contava com plano urbanístico. No entanto, até meados do século XX, esses planos, tinham preocupações pontuais e específicas, geralmente priorizando o sistema viário.

Fortaleza tem um crescimento populacional de grandes proporções já no início do século XIX. A cidade passa de uma população estimada em 3.000 habitantes em 1800, para 16.000 habitantes em 1863 e a 21.372 em 1872 (DANTAS, 2002).

Na zona litorânea cearense o primeiro tipo de ocupação foi o ligado à pesca, e o segundo, as favelas. As favelas representam fenômeno característico de Fortaleza, cidade onde forte fluxo migratório do interior impediu a integração de todos os retirantes às comunidades de pescadores. Nestes termos, pode-se caracterizar historicamente as zonas de praia em Fortaleza, por um lado como território da pesca e lugar de habitação de pescadores, com presença e crescimento das antigas comunidades de pescadores notadamente no Mucuripe. Por outro lado, como território de pobres imigrantes, situados na beira-mar, especialmente nas zonas de construção precária das dunas do Outeiro e do Arraial Moura Brasil, no fim do século XIX (DANTAS, 2002). Assim, em 1888 surge a favela no Arraial Moura Brasil (FORTALEZA, 2003), que representa a primeira ocupação efetiva, com habitação, das dunas na cidade (Figura 55).



Figura 55 - Alinhamento de dunas ocupado pela favela Moura Brasil, primeira ocupação sobre dunas de Fortaleza iniciada em 1888 (FORTALEZA, 2003). Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

Porém, com o crescimento econômico, também passou a haver mudança de mentalidade de forma tal que gradativamente, as classes abastadas, também, chegaram à praia, primeiro a norte, depois no segmento leste.

A antiga praia do peixe, hoje Praia de Iracema, foi ocupada por residências e clubes das classes abastadas, no início do século XX. O veraneio instaura-se com a construção de casarões como o do Coronel Porto (1926 - atual Estoril), os clubes estruturam-se a partir da

construção da primeira sede do Náutico Atlético Cearense (1929), na praia Formosa, ao lado da ponte metálica (DANTAS, 2002).

A praia do Futuro foi a última zona de praia incorporada à zona urbana de Fortaleza. Localizava-se em área denominada de Sítio Cocó, na qual predominavam usos tradicionais (COSTA, 1988). Sobre as dunas, as classes abastadas erguem suas mansões dotadas de sistemas de segurança. Nota-se, a partir, sobretudo dos anos 1970, o início da ocupação dessas áreas de dunas da praia do Futuro pelas classes mais abastadas, processo lento inicialmente, que continua ocorrendo ainda hoje, e de forma mais intensa.

Desta forma, através de uma cronologia histórica, é possível analisar o início da ocupação e urbanização da cidade de Fortaleza, mesmo em um ambiente inóspito de grandes campos de dunas que migravam em sua zona costeira. Mas, as dificuldades foram superadas – mesmo nas precárias condições da época – e ruas, casas foram sendo construídas. A expansão deu-se até as proporções que conhecemos hoje, extrapolando, e muito, os limites da antiga Fortaleza.

Portanto, desde iniciada a ocupação, as dunas de Fortaleza foram o primeiro ambiente geomorfológico mais atingido na história dessa cidade, estando hoje quase que completamente destruídos e “soterrados” pelo ambiente urbano de Fortaleza.

## **6.2. Fortaleza: Uma História de Dunas**

A partir da análise de documentos históricos sobre diferentes períodos, pôde-se realizar um resgate geográfico acerca das dunas de Fortaleza. Nesse sentido, apresentamos uma “história de dunas” e dos recursos naturais quase completamente extintos dessa cidade. A destruição desses elementos, de certa forma, se confunde com a história de Fortaleza, que para crescer e se expandir, teve que sobrepor (e ultrapassar) essas barreiras de areias.

Segundo o viajante Koster, em suas descrições sobre o nordeste brasileiro entre os anos de 1793 a 1820, a vila de Fortaleza do Ceará é toda edificada sobre terra arenosa. O forte de onde a cidade recebeu denominação fica sobre uma colina de areia, próxima às moradias, e consiste num baluarte de areia, do lado do mar, e uma paliçada, enterrada no solo, para o lado da vila (KOSTER, 2003).

A análise do viajante Kidder em 1830 (KOSTER, 2003) para a cidade de Fortaleza também não foi outra. Segundo ele:

A primeira coisa que se pode dizer do Ceará é que a cidade (Fortaleza) é inteiramente construída sobre areia. Desde a praia até o bairro mais distante, só de vê areia. Andar a pé pelas ruas poderia ser um ato extremamente árduo, pois a areia dificultava a passada, queimava os pés e, se soprasse o vento, os olhos pagavam o preço da investida. E mesmo montado a cavalo ou num veículo, o deslocamento era dificultoso, sendo comum a necessidade de dez bois para desatolar um só carro.

A Fortaleza para os primeiros viajantes que aqui chegavam destacava-se pela enorme quantidade de areia por eles avistada.

A capital na época do século XIX era dividida em dois planos, o primeiro junto ao mar, onde se encontrava a Ponta do Mucuripe, guarnecida por um fortim que servia de vigia e por mais três pequenos fortes (S. João do Príncipe, Carlota e S. Bernardo). Entrando na enseada em forma de semicírculo, o viajante veria uma légua de praia até a entrada da vila. A partir daí, subiam dois caminhos principais até o segundo plano da vila. Caminhando pelas duas veredas alcançava-se a parte alta de Fortaleza. Do desembarque na prainha (atual Praia de Iracema), era possível avistar-se esse plano, onde se localizava a fortaleza principal da vila e a maioria das casas – quase todas feitas de taipa e cobertas de telha. Numa rápida perspectiva, ao fundo algumas serras causavam a impressão de empurrar a vila para o mar (ver figura 50) (VIEIRA JR., 2005).

Nesse sentido, como destaca Castro (1994), a vila não passava de umas poucas ruas arenosas, formadas por um casario de baixa qualidade de material, ruas nascidas ao pé do forte e cujo desenvolvimento acompanhava as curvas do riacho Pajeú, em sua margem esquerda.

Studart (1924) irá descrever a dinâmica desses corpos dunares na cidade de Fortaleza que migravam livremente por todo litoral, dando uma idéia da extensão percorrida, nesse caso do Mucuripe à atual Praia de Iracema.

Impelidas pelos ventos do sudeste, que são reinantes na costa, as areias invadem trechos mais ou menos consideráveis. Isso se verifica na própria Fortaleza, capital do Estado, sobre a qual vindas do Mucuripe chegaram a acumular-se até junto do edifício da Alfândega.

A areia era mais que um simples incômodo cotidiano, era motivo de preocupação para os administradores provinciais. Em 1838, no Relatório de Presidente da Província, a Câmara Municipal apresentava ao presidente da Província, Manoel de Sousa Melo, as imediatas demandas da cidade. Entre elas, a construção de um paredão para evitar a corrente das areias que arruína a praça, e soterra as casas que ficam “para o nascente”.

Diante de tal problema, Souza Melo buscou algumas soluções. A mais inusitada, e menos eficiente, tomada sob influência do ar desértico que as ruas de Fortaleza assumiam, foi mandar importar um veículo supostamente mais adaptado a esse tipo de terreno: em suas palavras,

Mandei comprar no Egipto os dois casais de camelos [...] e conto que até o fim do ano [1838] estarão aqui animais de todo o préstimo; e que, se aclimarem, muito concorrerão para a prosperidade da lavoura e comércio, tornando mais rápidos e menos dispendiosos os transportes.

Os relatos indicados nos revelam a quantidade de areia que migrava sobre nosso litoral e a dificuldade de se viver em um ambiente como esse. Fortaleza fundou suas bases em ambiente essencialmente litorâneo e de trânsito sedimentar constante, como são as dunas. Portanto, a história de Fortaleza liga-se intimamente a seu imponente ambiente de origem que são as dunas.

### **6.3 Morfologia do Campo de Dunas: os registros históricos**

Nesse item indica-se algumas das principais características físicas, como altitude e extensão que as dunas de Fortaleza apresentavam desde o início da sua colonização e ocupação. Para isso, foi necessário a utilização de dados relativos às descrições de historiadores, viajantes e naturalistas da época, além de documentação fotográfica referente ao ambiente estudado.

Meneses (1895) descreve uma duna que se localizava a uma distância de 6 km a oeste da Ponta do Mucuripe, com altura média de 17 m. Eram essas as dunas, que migravam sobre a porção central da cidade, hoje correspondente aos bairros do Centro e da Praia de Iracema. As maiores eram identificadas como os morros Majoraitiba e do Outeiro, os quais serão analisados no item posterior.

Pinheiro (1902) destaca a existência de “morros” em forma de dunas compostas, bem como a capacidade de mudarem de formas (Figura 56).

São largos lençóis de areia muito branca que se distendem pela praia em fora. Os morros tomavam formas alterosas, desenhando em sombra do lado do poente figuras caprichosas.



Figura 56 - Praia do Pirambu em Fortaleza no ano de 1930. Pode se perceber a quantidade de areia que migrava sobre a planície de deflação daquele período. Foto: Nirez.

Bezerra (1902) caracteriza a estrutura de algumas casas que ocupavam o litoral, e sofriam com a migração das dunas sobre suas moradias. Também, relata a altura de uma delas, chegando a 6m.

Tem algumas casas caladas e cobertas de telhas; as demais são feitas de palha de carnaúba, quase todas erguidas por entre os coqueiros que ocupam largo espaço, da pequena planície até as dunas de 6 metros de altura, que ameaçam sepultar a formosa aldeia.

Alguns autores vão destacar a vegetação que recobre esses cômodos de areias, indicando na verdade, a dinâmica quanto à mobilidade, ou seja, dunas semi-fixas e fixas (Figura 57).

Bezerra (1902) descreve a existência de vegetação escassa, bem como, o tipo vegetacional (arbustivo e arbóreo) que fixavam das dunas móveis (Figura 57).

A direita acompanha os recortes da praia a orla verde-negro dos arbustos e árvores que cobrem os morros [...].



Figura 57 - Praia de Iracema em Fortaleza no ano de 1930. No detalhe a vegetação pioneira que aparece fixando um extenso cordão de dunas frontais.

Segundo Brasil (1997), esta zona de “areia movediça”, corre paralela à praia, mas em algumas partes penetram no interior por algumas léguas. As dunas fixas não eram majoritárias nas áreas centrais, onde dominavam as dunas móveis.

Já Studart (1924) caracteriza quais as plantas que recobriam algumas porções das dunas de Fortaleza. Algumas dessas espécies vegetais ainda são encontradas nos campos de dunas de Fortaleza atualmente, como em Sabiaguaba e na Praia do Futuro.

Nessa faixa, região das dunas e areias movediças, a vegetação se mostra baixa e rala, constando principalmente de cajueiros, muricis, guajerús, janagubas, manipuçás, ubaias, embiriba, batiputá, candêa, jatahy, sambaiba, peroba.

Segundo Castro (1977) há dunas fixadas, perto do mar, na Praia dos Arpoadores, de onde se descortina vista magnífica da cidade. Relacionamos essas dunas fixadas tratadas pelo autor como o alinhamento de dunas ocupado pela favela Moura Brasil no atual bairro do Pirambu, antiga praia do Arpoador (Figura 55).

A partir da análise dos autores estudados teve-se meios de identificar as paisagens dunares então existentes da porção central e oeste de Fortaleza, atualmente descaracterizadas. A mobilidade das dunas é sem dúvida o fator que mais se destaca, o que nos permite concluir que essas eram dunas compostas, livres de vegetação, percorriam toda a zona costeira e hoje se encontra completamente urbanizada, do Mucuripe à Barra do Ceará.

## 6.4. As Dunas Históricas de Fortaleza

A descrição de algumas dunas nos documentos históricos dá informações a respeito da localização de certos campos de dunas na cidade de Fortaleza, que fizeram parte de sua história. Identificou-se, através de documentos históricos e imagens antigas que retratam os cenários pretéritos da cidade, os campos de dunas na porção central e oeste da cidade, que outrora existiam.

Para uma melhor análise dividiu-se esses campos de dunas históricos em seis setores distintos, que são: Morro Marajaitiba, Morro Croatá, Morro do Outeiro, Barra do Ceará, Dunas do Mucuripe e Dunas do Jacarecanga/Pirambu.

### 6.4.1. Morro Marajaitiba

O chamado “Morro Marajaitiba” localizava-se, segundo Pinheiro (1902), onde hoje está situado o forte Nossa Senhora da Assunção. O autor atesta esse ato nos seguintes termos:

Entre uma e outra habitação passa o rio (Pajeú) que serviu em tempos idos de ancoradouro aos navios até o domínio holandês em 1649, quando foi mudado para o alto Marajaitiba, onde está hoje a fortaleza de Nossa Senhora d’ Assunção.

Brígido (1912) qualifica essa informação, ao se referir ao forte construído sobre essa duna.

Este fortim dominava a barra do rio (Pajeú), que eles chamavam Marajaitiba ou antes Matas das palmeiras, por isto que o planalto que ficava a margem direita do regato era povoado de Catolezeiros. Esse regato se encontra também, pelos tempos adiante, com o nome de Ipojuca, Telha e ultimamente Pajeú.

Com essas informações pode-se identificar onde se encontrava a duna chamada Marajaitiba. Sua localização atual é tomada pelo Forte de Nossa Senhora d’ Assunção (Figura 58), primeira e única ocupação dada a essa duna desde sua construção no ano de 1649.





Figura 58 - Forte Nossa Senhora d'Assunção construído sobre a duna Marajaitiba. Nota-se a suave inclinação para leste. Foto: Mônica Pinheiro (Maio /2009).

Pode-se dizer, então, pelos textos apresentados, que também o “morro marajaitiba” era uma duna fixa, o que implicava em elevação permanente dado o contexto associado às variações do nível do mar, a conclusão mais adequada parece ser, a de uma paleofalésia recoberta por dunas – a linha de paleofalésia é acompanhada, de fato, como desnível topográfico, em direção a este, até próximo ao Porto.

Tal fato é inclusive fortalecido pela informação de que, segundo Morais (1981), houve intenso processo de assoreamento, afastando a Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção 160m da zona de maré alta: Segundo o autor, em 1812, as águas batiam ao pé da muralha da fortaleza.

#### **6.4.2 Morro do Croatá**

No segundo exemplo de dunas descritas nos documentos sobre Fortaleza está o “morro do Croata”, que Dias (1924) descreveu em termos físicos e espaciais.

Segundo o referido autor o Carauatá ou Croatá, era um cômoro de areia revestido de alguma vegetação, que ficava...

[...] a um lado da cidade e próximo à costa, onde melhor que de qualquer outro ponto se descortina mais amplo horizonte sobre o mar, ao mesmo tempo em que dele se avista todos os cumes das serras visíveis da cidade da Fortaleza.

Por essa descrição, assim como pelo registro das diversas construções que foram erguidas sobre o Croatá, pode-se considerar que se tratava de um amplo conjunto de dunas semi-fixas, provavelmente integrante do mesmo conjunto dunar do “morro marajaitiba”, ao qual achava-se contíguo, e que foi ocupado pelo forte.

Uma das construções mais antigas relatadas pelos historiadores e historiógrafos de Fortaleza nas dunas do croata é a do paiol construído para armazenamento de pólvora, em 1825 (Figura 59). A área ficou conhecida como “campo da pólvora” e mais tarde, “Largo de Fortaleza” (NOGUEIRA, 1991). O campo da pólvora ladeava a Santa Casa de Misericórdia, cuja construção iniciou em 1817 e foi concluída em 1857 (AZEVEDO, 2001).

Em 1862, foi construído o quartel de 1ª linha, mais tarde transformada em cadeia pública (NOGUEIRA, 1991), ladeando outra ponta do campo da pólvora. Em 1964, o campo da pólvora deu lugar a “Praça dos Mártires”, depois transformada em “Passeio Público”, primeira praça de Fortaleza, até hoje existente no mesmo local.

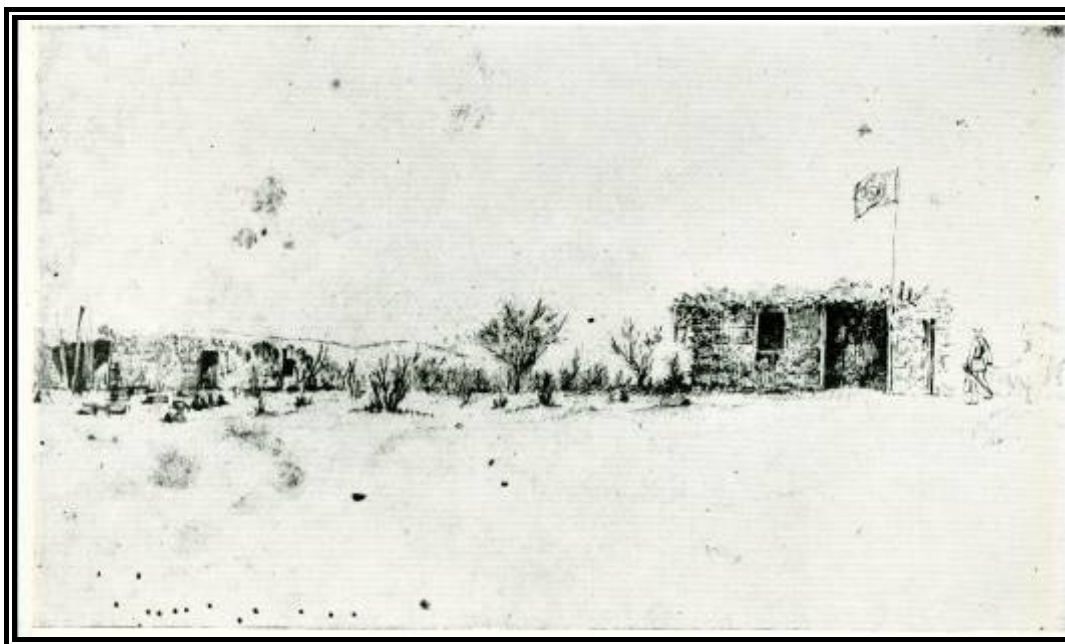


Figura 59 - Desenho do antigo Paiol de Pólvora, localizado sobre a duna do Croatá em 1859. Fonte: BRAGA, 1962.

Segundo Nogueira (1988), no período da edificação do Passeio Público, “as águas lambiam a face, que fica para o mar”. Hoje, entre ela e o mar, existe um bairro da cidade, inclusive o primeiro plano da praça (Figura 60).



Figura 60 - Praça do Passeio Público antigo morro do Croatá, em sua porção sul voltada para o mar. Abaixo nota-se o segundo plano da praça hoje desativado. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

Em 1878 teve início, também, sobre o campo de dunas do Croatá, a “Estação Central da Estrada de Ferro Baturité”, com a praça adjacente, concluídas em 1980 (NOGUEIRA, 1988). Segundo ainda Nogueira (1988), quis a tradição que tenha sido colocada a estação central (Figura 61) para que também tivesse vista para o mar, como ocorria com o forte, a Santa Casa de Misericórdia e a Cadeia Pública (Figura 62).



Figura 61 - Estação Ferroviária de Fortaleza construído em 1880, local onde se situava o morro do Croata antiga área de dunas da capital. Foto: Mônica Pinheiro (Maio /2009).



Figura 62 - Antiga Cadeia Pública de Fortaleza, uma das quatro estruturas urbanas que ocuparam o morro do Croata. Hoje é utilizada como centro de artesanato. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

Assim, percebe-se que o croata tinha expressiva dimensão. Segundo a linha de descontinuidade topográfica que se estende para leste e oeste dessa área, há evidente correlação com a existência de uma paleofalésia, recoberta e capeada pelas dunas, que para transpor o obstáculo, tiveram a velocidade de migração diminuída, com tendência então a fixação (Figura 63).



Figura 63 - Santa Casa de Misericórdia de Fortaleza construída também sobre o morro do Croatá. Percebe-se a suave inclinação na direção norte. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

Em 1844, também, foi construído no Croatá o “cemitério do Croatá”. O cemitério foi fechado em virtude de se achar dentro da cidade, estar sendo invadido pelas areias do morro e por encontra-se sepultados nele inúmeros coléricos da época (NOGUEIRA, 1991).

Porém, alguns anos depois outro cemitério seria construído, também muito próximo ao litoral, mas locado a uma maior distância da cidade desse período, o atual Cemitério São João Batista (Figura 64).

### 6.4.3 Outeiro da Prainha

Outro câmorio de areia que aparece nas descrições sobre Fortaleza é o “Morro do Outeiro”, ou Outeiro da Prainha, que existia onde hoje está localizado o Seminário homônimo (Figura 65).

Segundo Azevedo (2001), as obras de construção da Igreja de Nossa Senhora da Conceição da Prainha (Igreja da Prainha) foram iniciadas no dia 8 de outubro de 1839 e, em 1841 foi realizada a primeira missa.

O riacho Pajeú dividia em duas zonas distintas as terras imediatamente adjacentes à Fortaleza de Nossa Senhora d’Assunção: na margem direita, o planalto conhecido por

Outeiro da Prainha, ao lado oposto terrenos ligeiramente acidentados, onde se achava no momento a maior parte da cidade (BRÍGIDO, 1912).

Percebe-se, grosso modo, as dunas dessa área eram fixas, a vegetação foi removida, e as dunas já impedidas de migrar para dentro do continente (inclusive, pelos empecilhos das novas construções), progradaram/assorearam a faixa de praia.

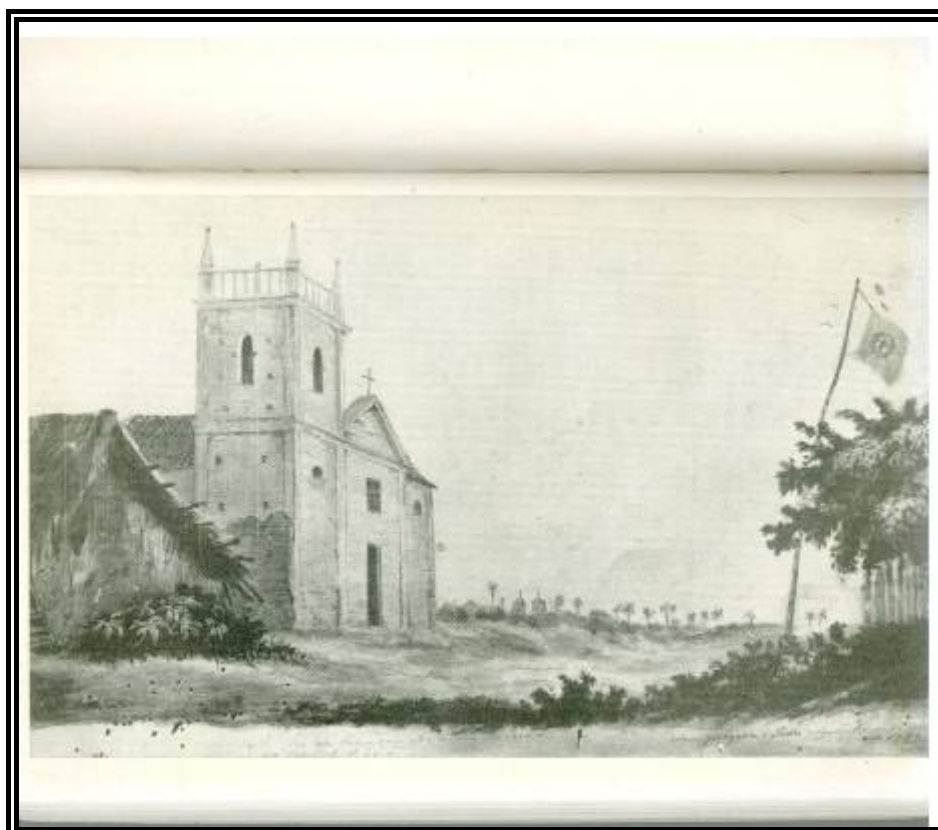


Figura 64 - Vista da parte detrás do Cemitério São João Batista. Segundo cemitério da cidade construído em área de dunas de Fortaleza. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

Esse processo deve ter sido acentuado pela construção do primeiro Porto de Fortaleza, nos anos de 1830, gerando um processo local de *bypass* de dunas móveis. Esses fatos representam o primeiro problema ambiental na faixa litorânea de Fortaleza (CLAUDINO-SALES, 2002).

Segundo Brígido (1912), as águas do oceano lambiam as encostas do planalto do Outeiro, abaixo do qual agora se encontra todo o bairro da praia denominado como Praia de Iracema.



Figura 65 - Desenho feito pela Comissão Científica de Exploração no ano de 1859 da Igreja e Seminário da Prainha sobre as dunas do Outeiro. Fonte: BRAGA, 1962.

Meneses (1895) descreve a construção do Seminário da Prainha (Figura 66), localizado no bairro do Outeiro da prainha, ao lado leste da cidade, por sua posição sobre a duna, a poucos passos da praia, se apresenta alteroso e imponente a quem vê do mar com a sua espaçosa frontaria de 24 janelas, tendo à esquerda a linda capela de Nossa Senhora da Conceição.

#### 6.4.4 Barra do Ceará

As dunas do atual bairro da Barra do Ceará aparecem nos documentos sobre Fortaleza em relação as suas características físicas e localização, onde ainda resiste alguma parcela junto à foz do rio Ceará (Figura 67).

Segundo Pinheiro (1902), o imenso morro de areia localizava-se na curva da praia ameaçando de contínuo soterrar o rio (Ceará) (Figura 68) não o conseguindo até hoje por força do fluxo e refluxo das marés, que removem e expelem as areias para a costa.



Figura 66 - Seminário da Prainha construído sobre o morro do Outeiro localizado no bairro hoje denominado Praia de Iracema. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

Por detrás da duna, a poucos passos, encontram-se os restos da primeira vila, cujo local é conhecido pelo nome de vila-velha. Ainda se vêem pedaços de alicerces do antigo forte de São Sebastião (PINHEIRO, 1902). O antigo e primeiro forte da cidade de Fortaleza o de São Sebastião foi construído às margens do rio Ceará.

As dunas que migravam no litoral de Fortaleza e tinham esse processo finalizado ao longo da foz do rio Ceará, foram quase que completamente ocupadas restando apenas resquícios da duna localizada bem próxima ao rio. Essa área hoje é ocupada por população carente da capital que vive em condições precárias, passando continuamente por soterramento das casas pelas areias da duna.



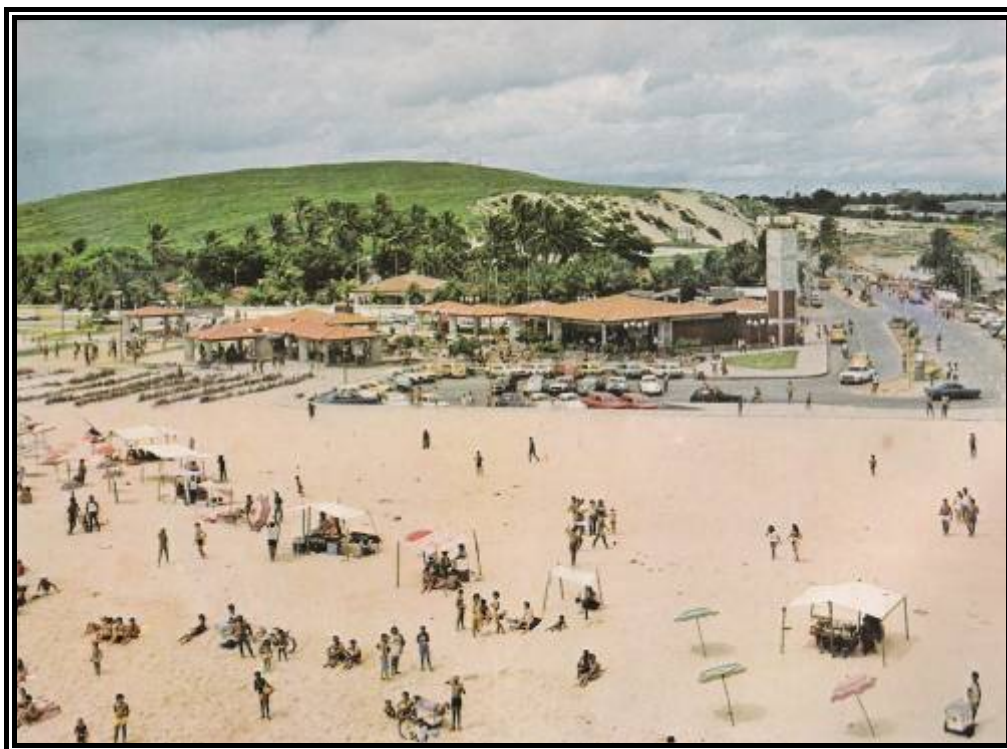


Figura 67 - Duna da Barra do rio Ceará, coberta com vegetação e ainda sem ocupação urbana em 1982.



Figura 68 - Duna da Barra do rio Ceará, parcialmente coberta com vegetação e migrando sobre os equipamentos urbanos que se interceptam ao seu transporte. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

Além disso, uma avenida importante do bairro intercepta o trânsito de sedimentos natural da duna. Como resolução dos problemas foi construído um muro de concreto (Figura 69) a fim de conter a migração da duna e como seria evidente, as areias já ultrapassam tal limite, continuando o problema.



Figura 69 - Muro construído na duna da Barra do rio Ceará, inútil forma de contenção de sedimentos. Foto: Mônica Pinheiro (Maio/2009).

#### 6.4.5 Dunas do Mucuripe

As dunas do Mucuripe possuíam areias brancas com coqueiros retorcidos pelos ventos (LIMA, 1997). O mucuripe, distante a légua e meia a leste da capital (propriamente dita da época), possuíam enseada abrigada pelo morro onde se achava um excelente farol de luzes fixas (BRASIL, 1997).

O Mucuripe era dotado de um farol de luz fixa, tendo ainda um povoado na enseada, e ao pé do morro do mesmo nome, e a uma légua da cidade (Figuras 70 e 71) (VIEIRA JR, 2005).

As dunas do Mucuripe migravam sobre a costa de Fortaleza realizando o transpasse de sedimentos sobre a ponta do Mucuripe formando imenso campo de dunas sobre esse setor de Fortaleza visível, por exemplo, até meados da década de 80 (Figura 72).



Figura 70 - Duna na área próxima a ponta do Mucuripe, onde foi construído o farol (Década de 30). Arquivo Nirez.

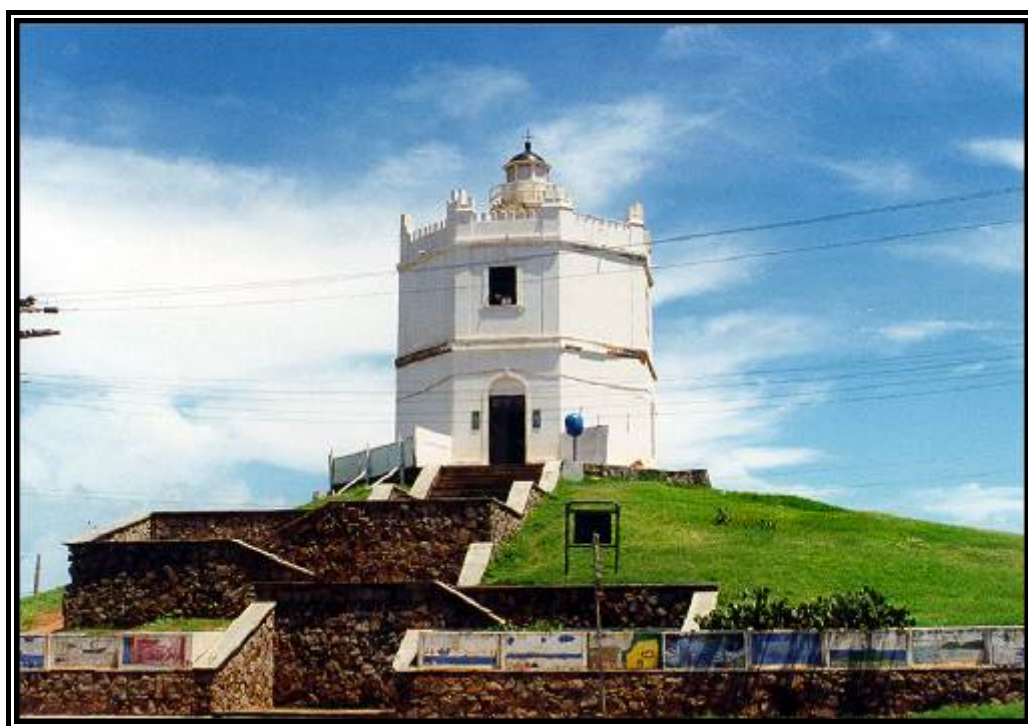


Figura 71 - A mesma duna onde foi construído o farol. Atualmente urbanizada e já completamente fixada.

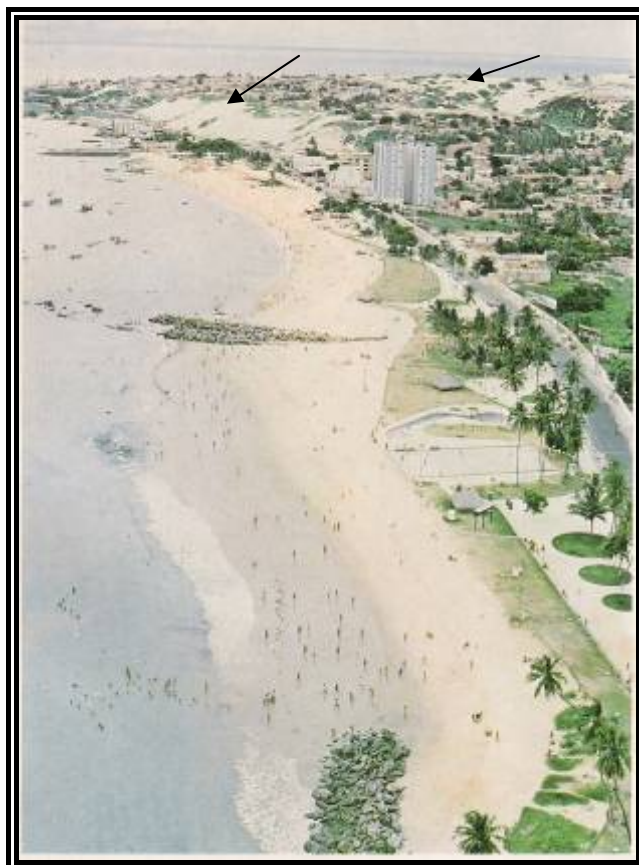


Figura 72 - Foto mostrando até onde chegavam as dunas do mucuripe (setas) e sua mobilidade ao longo da zona costeira de Fortaleza ainda presente em alguns setores no ano de 1982.

#### 6.4.6 Dunas Jacarecanga / Pirambu

Segundo Teófilo (1979), o bairro hoje conhecido como Jacarecanga apresentava um areal branco e estéril, cuja mobilidade dificultava muito a locomoção, coberto apenas em alguns pontos de uma vegetação raquítica, mas enfolhada.

O autor também destaca a arquitetura das casas, todas de um só andar e de recente edificação, pois os antigos proprietários acreditavam que o terreno de Fortaleza, por sua natureza arenosa, não se prestava a este gênero de construção (TEÓFILO, 1979).

Bezerra (1902) descreve a presença de dunas bem próximas à praia (Figura 73 e 74), pois segundo o autor as ondas quebravam de encontro à praia salpicando de branca espuma as areias dos morros.



Figura 73 - Dunas da Praia do arpoador, Pirambu em 1930. Foto: Arquivo Nirez.

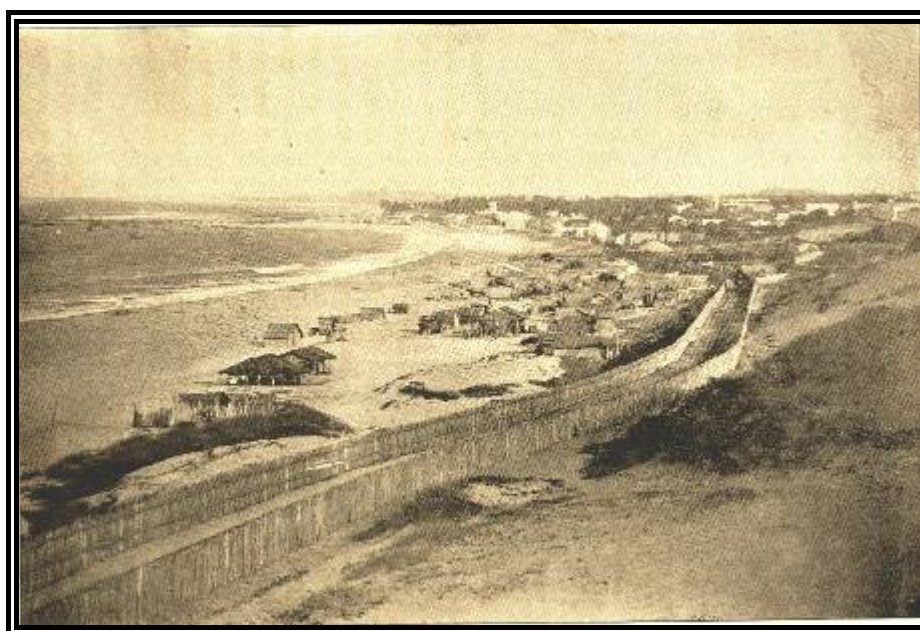


Figura 74 - Proximidade das dunas com a faixa de praia e com os trilhos da estação ferroviária no Pirambu em 1928. Foto: Arquivo Nirez.

Nesse sentido, de acordo com Hawkshaw (1909), pode-se caracterizar o litoral de Fortaleza revestido por campos de dunas que migravam por toda a costa (Figura 75).

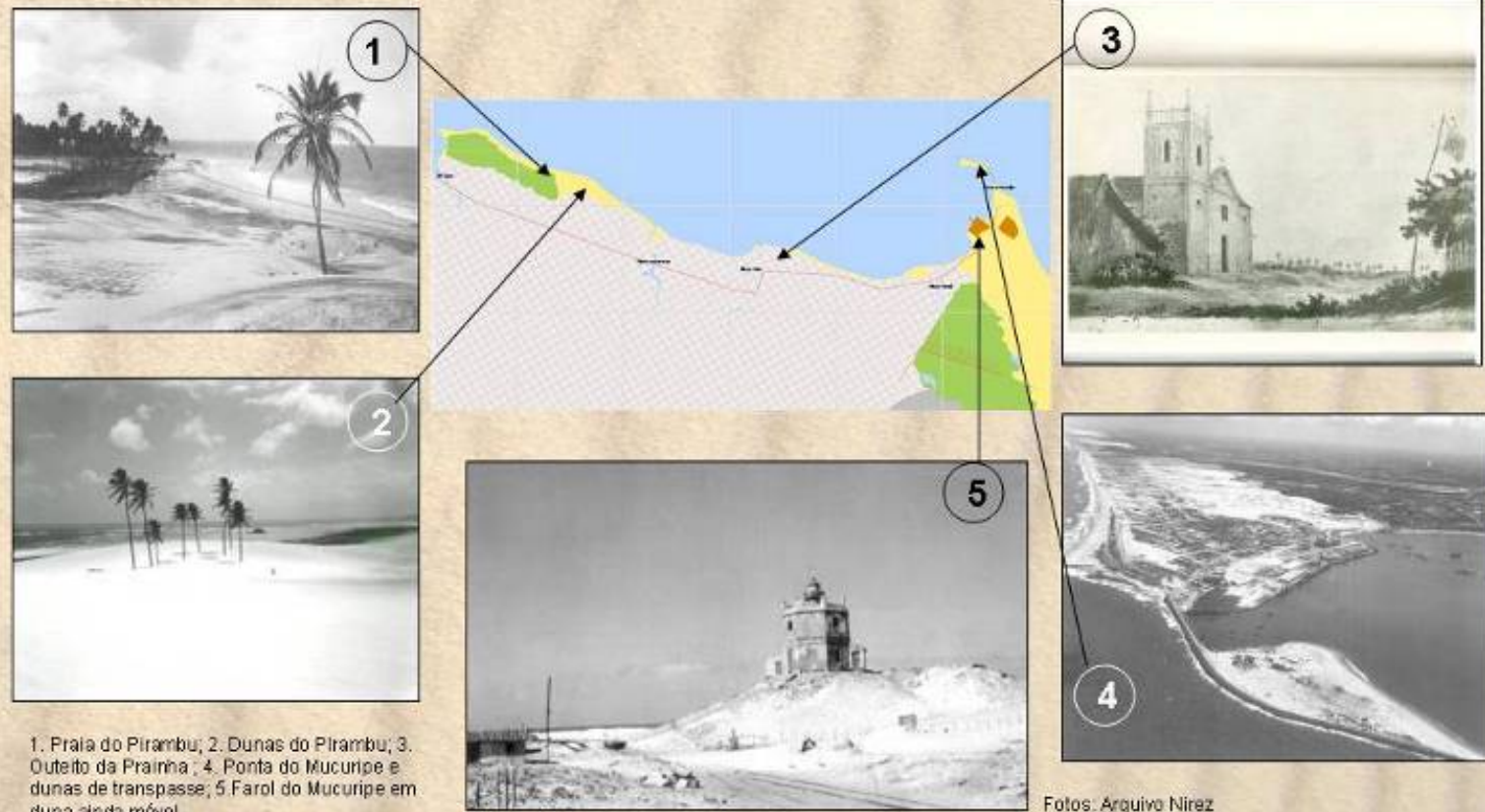
Cômoros de areia estendem-se, na distancia de algumas milhas, de um e outro lado da cidade; a areia é levada pelo mar e impelida pelo vento, ao longo da costa, de L para O.

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E GEOHISTÓRICA DAS DUNAS COSTEIRAS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA, CE.**

AUTORA: MÔNICA VIRNA DE AGUIAR PINHEIRO - ORIENTADORA: VANDA CLAUDINO SALES

FIGURA 75:

**Prancha 3 – Mapa Geomorfológico do setor oeste de Fortaleza (1958) com fotos de setores ocupados por dunas antes da urbanização**



O cotidiano do fortalezense trazia em si as formas de relevo característico da cidade, em particular as dunas que de certa forma foram aproveitadas para construções importantes da cidade, como Igrejas, Praças, Estação de Trem e a mais importante que é o forte, localizado sobre as dunas em local privilegiado pelas elevadas altitudes que o relevo podia proporcionar.

Contudo, a continuidade desse processo de urbanização não levou em consideração a preservação desse ambiente de relevante importância ambiental quanto ao equilíbrio sedimentar da zona costeira e importante reserva de água se comportando como recarga de aquífero. Desta forma, o que encontra-se atualmente é uma importante regressão dessas áreas anteriormente ocupadas por dunas que serão discutidas e analisadas no próximo capítulo.

## Capítulo 7 – Regressão do Campo de Dunas em Fortaleza

---

### 7.1 Processo de Ocupação – Ontem e Hoje

A natureza na cidade/vila de Fortaleza era (ainda é) considerada um empecilho na expansão e desenvolvimento desta. A partir das primeiras ocupações feitas no litoral, a futura vila do Estado já se preocupava com a viabilização da ocupação, principalmente em relação à grande quantidade de areias que formavam as dunas de Fortaleza e migravam livremente sobre o litoral, em que se assentava a cidade.

Nesse sentido, várias providências foram tomadas, como fixação e desmonte dessas dunas na época da instalação da cidade, por exemplo, no local hoje onde se encontra o bairro do Centro.

No início do século XX, de 1900 a 1930 importantes transformações urbanísticas foram implantadas em Fortaleza, como o alinhamento de edificações, alargamento e a pavimentação de vias, em função da chegada do automóvel e dos bondes elétricos.

A população estimada, em 1920, era de 78.000 habitantes. Em 1931, Raimundo Girão, então secretário da prefeitura de Fortaleza, orienta a elaboração de código urbano, com o intuito de controlar as ocupações, com certas preocupações ambientais e paisagísticas.

O engenheiro Saboya Ribeiro apresenta em 1947 a primeira proposta viária no município, que pretendia preservar, os leitos dos riachos Pajeú, Jacarecanga e Tauape. A proposta visava delimitar também áreas de parques, preservando as margens do riacho Maceió. Apesar de aprovado, não foi colocado em prática neste período. Em 1948, Saboya Ribeiro apresenta projeto de Plano Diretor, priorizando a divisão e a nomenclatura dos bairros definindo o sistema de vias e as avenidas e espaços livres.

Entre 1962 e 1963, é aprovado o Plano Diretor de Hélio Modesto, o primeiro a apresentar uma abordagem integrada, cujas proposições abrangem aspectos econômicos, sociais e administrativos. O plano, como indicado em 1947 e 1948, projeta avenidas e parques ao longo do leito dos riachos Pajeú, Jacarecanga e Aguanambi. Nesse período é construído trecho da Avenida Beira-Mar.

Em 1975 é desenvolvido o Plano Diretor Físico do município (lei nº 4.486), dando enfoque ao sistema viário (acentuando o esquema rádio-concêntrico). Merece destaque, no



entanto, a tentativa de enfoque às questões ambientais, com as Zonas Especiais, vinculadas à proteção de áreas verdes, paisagísticas e turísticas, buscando a preservação dos recursos hídricos e a vegetação em seu entorno. Em 1986 são instituídas as Áreas de Proteção Ambiental – APA's dos rios Cocó e Ceará. Três anos depois, é criado o Parque Ecológico do Cocó.

Em 1992, é elaborado novo Plano Diretor que divide a cidade, segundo o atendimento à infra-estrutura básica (água e esgoto), em três macrozonas: zonas urbanizadas, adensáveis e de transição. Em 2000 é criada a Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti.

A Área de Proteção Ambiental de Sabiaguaba e o Parque das Dunas de Sabiaguaba foram criados no ano de 2006, porém, essa APA só veio após um longo período de ocupação desordenada. Até então, e mesmo com o aumento significativo da população da cidade de Fortaleza, não havia uma preocupação com os ambientes costeiros particularmente, com as dunas que bordejavam todo o litoral local. Somente nesse ano de 2006 conseguiu-se algum tipo de proteção para o que resta das dunas na área de Sabiaguaba.

Contudo, apesar desses elementos protecionistas a realidade que se vive é outra. A legislação não é respeitada, e amplas parcelas de áreas de dunas foram e continuam a ser destruídas em Fortaleza (Figura 76), incluindo setores da área do Parque Municipal das Dunas de Sabiaguaba, que continuam sendo ocupados por residências de veraneio e comércio (Figura 77).

## **7.2. Regressão Dunar e Progressão Urbana nos Últimos 50 anos**

Com o intuito de construir um cenário evolutivo dos problemas ambientais do setor costeiro da cidade de Fortaleza, particularmente quanto ao campo de dunas, realizou-se uma quantificação geográfica e cartográfica da situação nos últimos 50 anos.

Para tal análise, dividiu-se o litoral de Fortaleza em três setores, visando uma melhor análise e visualização do elemento estudado, através de um mapeamento de detalhe. Os segmentos estudados foram assim divididos: setor da Sabiaguaba, entre os rios Pacoti e Cocó; setor Praia do Futuro, entre o rio Cocó e Ponta do Mucuripe e por fim setor oeste, entre a Ponta do Mucuripe e o rio Ceará.



Figura 76 - Destruição do campo de Dunas na Praia do Futuro, área de especulação imobiliária intensa. Foto: Mônica Pinheiro (Abril/2008).



Figura 77 - Ocupação imobiliária na praia de Sabiaguaba, com algumas construções localizadas na planície de deflação dessa área. Foto: Mônica Pinheiro (Agosto/2008).

Com esta análise pode-se, através de um estudo comparativo (1958-2008), mensurar a quantidade de áreas ocupadas por dunas que foi destruída e consumida nesses três setores em estudo, durante 50 anos.

### 7.2.1 O “Mar de areias” da Praia do Futuro

O campo de dunas da Praia do Futuro apresentava dimensões significativas e guardavam suas características naturais como, por exemplo, a presença das dunas fixas localizadas à retaguarda das dunas móveis, hoje quase que completamente desfeitas (Figuras 78 e 79).



Figuras 78 - Duna fixa da Praia do Futuro em meio à urbanização da área. Foto: Mônica Pinheiro (2007).

No ano de 1958, as dunas da Praia do Futuro apresentavam uma morfologia caracterizada por lençóis de areia ou dunas compostas que migravam em sentido SE-NW. À sua retaguarda encontravam-se, dunas fixas com formas típicas de dunas parabólicas, seguindo o mesmo sentido de migração das dunas móveis a sotavento (Figura 80).

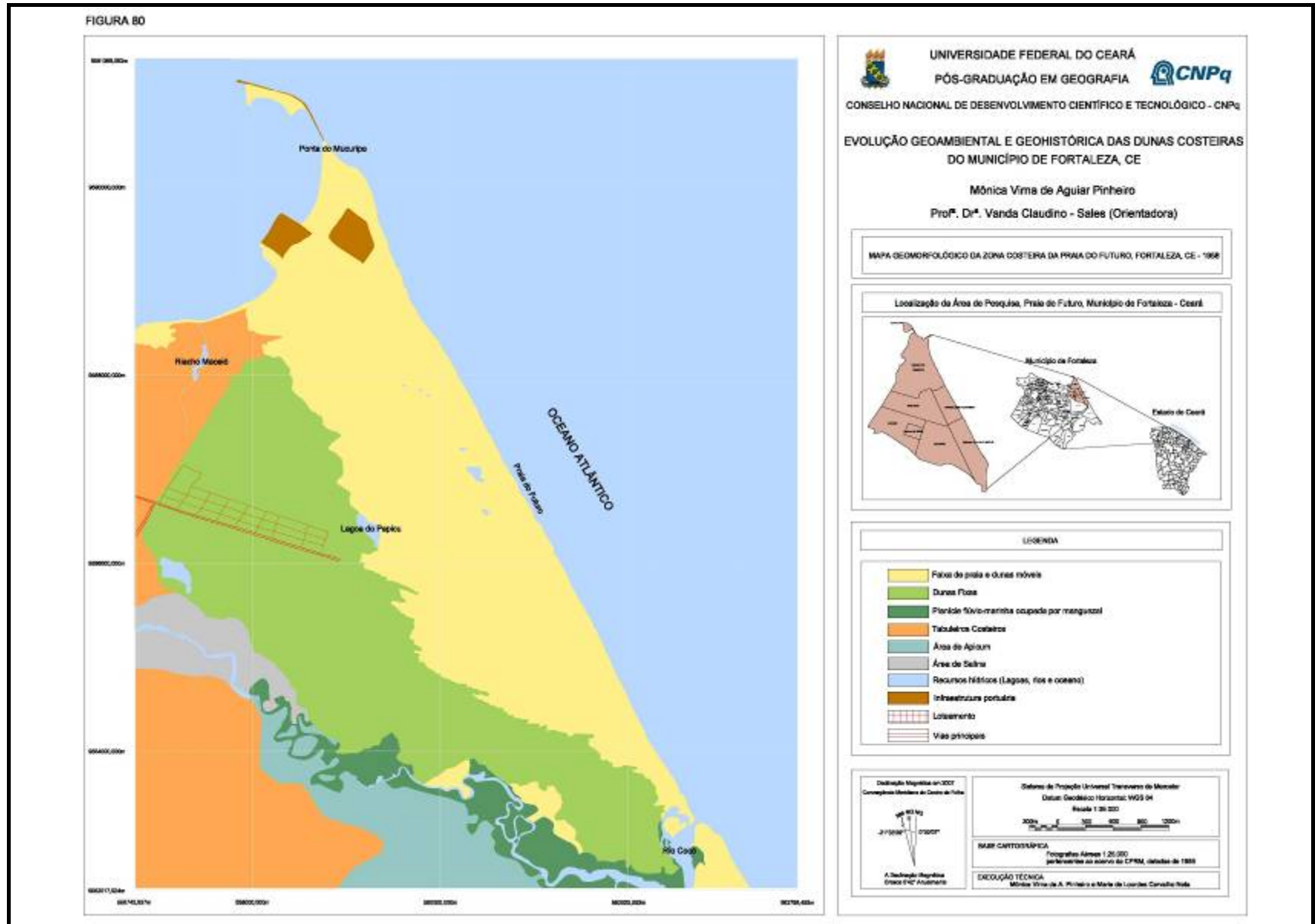
Adentrando mais a zona costeira encontravam-se dunas fixas rebaixadas sem uma forma típica definida. As dunas fixas parabólicas da área em estudo apresentavam largura de cerca de 2,2 km e extensão de 4,2 km.



Figura 79 - Resquílios de dunas móveis na Praia do Futuro. Foto: Mônica Pinheiro (2007).

Esse campo de dunas em 1958 possuía dimensões consideráveis. Sua largura chegava a ter cerca de 1,7 km continente adentro e sua extensão no sentido Ponta do Mucuripe - Rio Cocó alcançava cerca de 6,2 km.

A ocorrência de dunas móveis na Praia do Futuro em 1958 criava na área um imenso “mar de areias”, refletindo o elevado aporte sedimentar que caracterizava a zona costeira de Fortaleza. Essa área das dunas móveis no ano de 1958 correspondia a 10,4 km<sup>2</sup>. As dunas fixas cobriam uma faixa de terras à retaguarda das dunas móveis, estendendo-se continente adentro até a área de influência do rio Cocó. Essas dunas fixas cobriam em 1958 uma área de 8,94 km<sup>2</sup> (Figura 81). No total, a área do campo de dunas da Praia do Futuro era da ordem de 19,34 Km<sup>2</sup>.

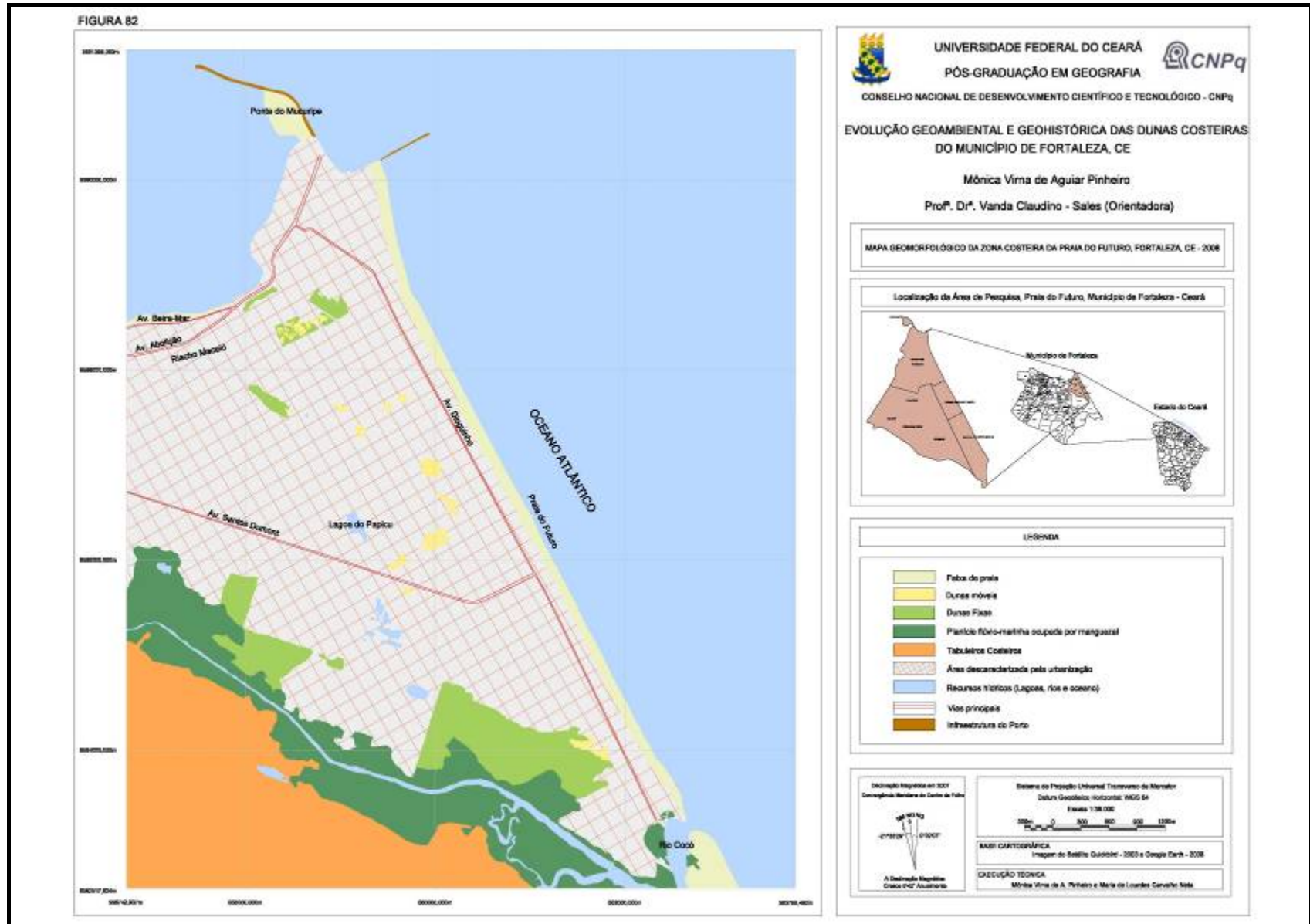


		1958 (Área em km <sup>2</sup> )	2008 (Área em km <sup>2</sup> )	2008 (Área em %)	Retração 1958-2008 (%)
<b>Praia do Futuro</b>	Dunas Móveis	10,04	0,24	2,30	- 97,7
	Dunas Fixas	8,94	1,05	16,77	- 83,23
<b>Praia de Sabiaguaba</b>	Dunas Móveis	4,60	2,71	58,91	- 41,09
	Dunas Fixas	2,44	1,04	42,62	- 57,38
<b>Setor Oeste</b>	Dunas Móveis	3,00	0,4	13,33	- 86,67
	Dunas Fixas	1,5	0,0	0,0	- 100

Figura 81 - Tabela referente aos dados de área das dunas nos anos de 1958 e 2008 e a retração sofrida pelas dunas nos três setores estudados. Org.: Mônica Pinheiro.

Paulatinamente ocupado, pelas classes sociais abastadas e, também, as menos favorecidas, a Praia do Futuro encontra-se hoje completamente descaracterizada de seu ambiente natural restando apenas vestígios das dunas que antes eram encontradas.

Como se pode ver na Figura 82 o campo de dunas móveis da Praia do Futuro em 2008 possui sua área completamente ocupada, restando ainda pontos isolados de depósitos eólicos móveis em localidades como, por exemplo, no topo do morro Santa Terezinha, no bairro Mucuripe, entre as residências do bairro Dunas e próximo ao rio Cocó. O que resta hoje está fixado, normalmente artificialmente, com intuito de imobilizar as areias em direção aos equipamentos urbanos como avenidas e casas.



A área ocupada pelas dunas móveis calculada para o ano de 2008 corresponde a ínfimos 0,24 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 2,30% da área de dunas móveis restantes, definindo-se como 100% a área de dunas móveis para o ano de 1958 (Figura 83).

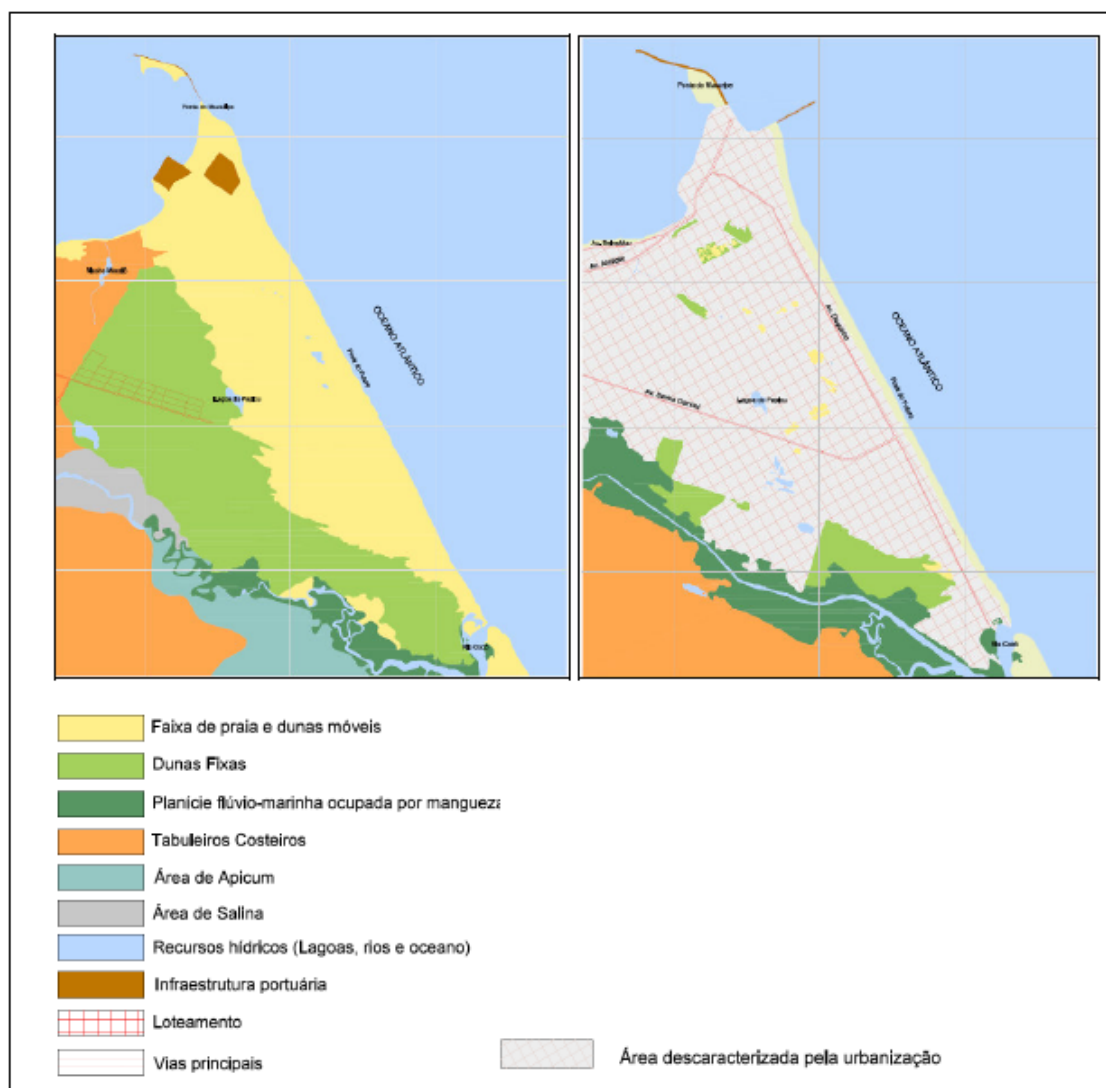


Figura 83 - Quadro comparativo do mapeamento realizado – Praia do Futuro 1958 (esquerda) e 2008 (direita).  
Org.: Mônica Pinheiro.

Portanto, houve uma redução de 97,7% das dunas móveis na área (ver Figura 81). Já as dunas fixas cobrem atualmente uma área de cerca de 1,5 km<sup>2</sup>, ou seja, 16,77% dessas dunas restam na área em tela (Figura 84).



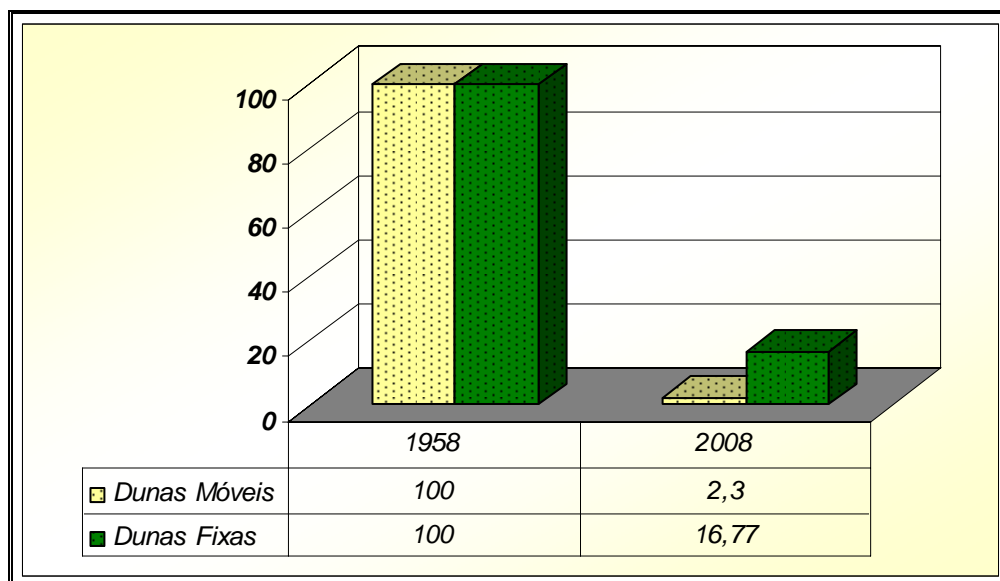
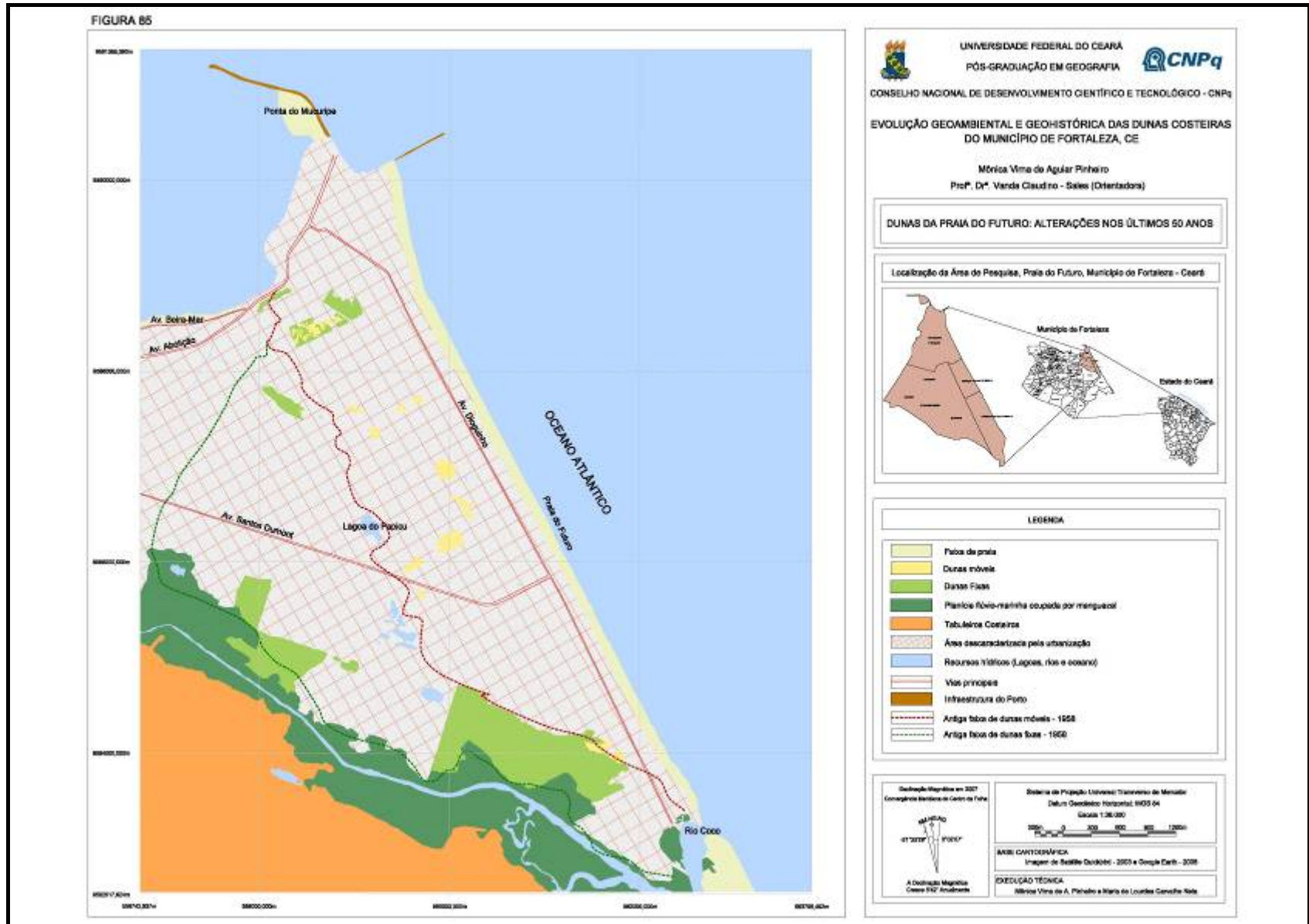


Figura 84 - Gráfico referente aos dados obtidos quanto à redução das dunas na Praia do Futuro. Org.: Mônica Pinheiro.

No mapeamento comparativo realizado (Figura 85) fica claro as modificações no ambiente costeiro de Fortaleza e, em particular, a destruição/ocupação do campo de dunas da Praia do Futuro, ocasionado principalmente pela progressão urbana de Fortaleza em direção a essa zona que hoje é amplamente ocupada por residências, comércio e bares voltados para o turismo. A área cobre hoje extensos e populosos bairros como Praia do Futuro, Dunas, Cocó e Edson Queiroz, Morro Santa Terezinha.

### 7.2.2 O Litoral ainda preservado: a Praia de Sabiaguaba

A praia de Sabiaguaba está localizada a 13 km do centro de Fortaleza. Apresenta um ambiente litorâneo relativamente preservado, com a presença de poucas barracas de praia, um hotel e um clube recreativo. Com baixa densidade demográfica, é hoje um bairro de Fortaleza com residências de população de baixo poder aquisitivo e um comércio incipiente. O turismo na área, apesar de fazer parte do litoral de Fortaleza, não se apresenta bem desenvolvido estando fora dos roteiros atrativos do litoral cearense.



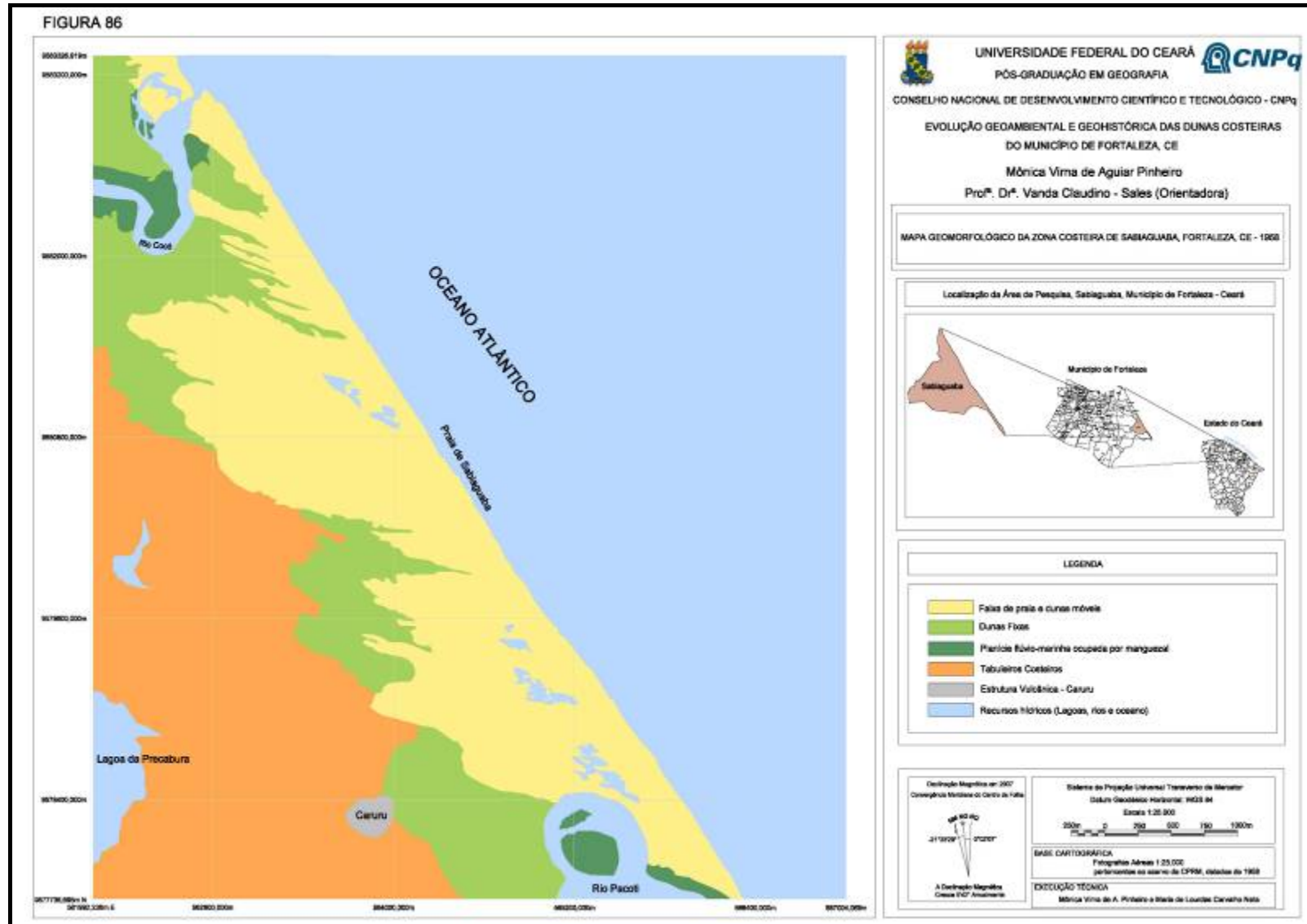
Analisando os mapas geomorfológicos de 1958, apresentados na Figura 86, anteriores à urbanização dessas áreas percebe-se uma dinâmica intensa no ambiente costeiro de Fortaleza com a migração livre desses corpos dunares sobre os outros ambientes como dunas fixas, tabuleiro costeiro e mangue.

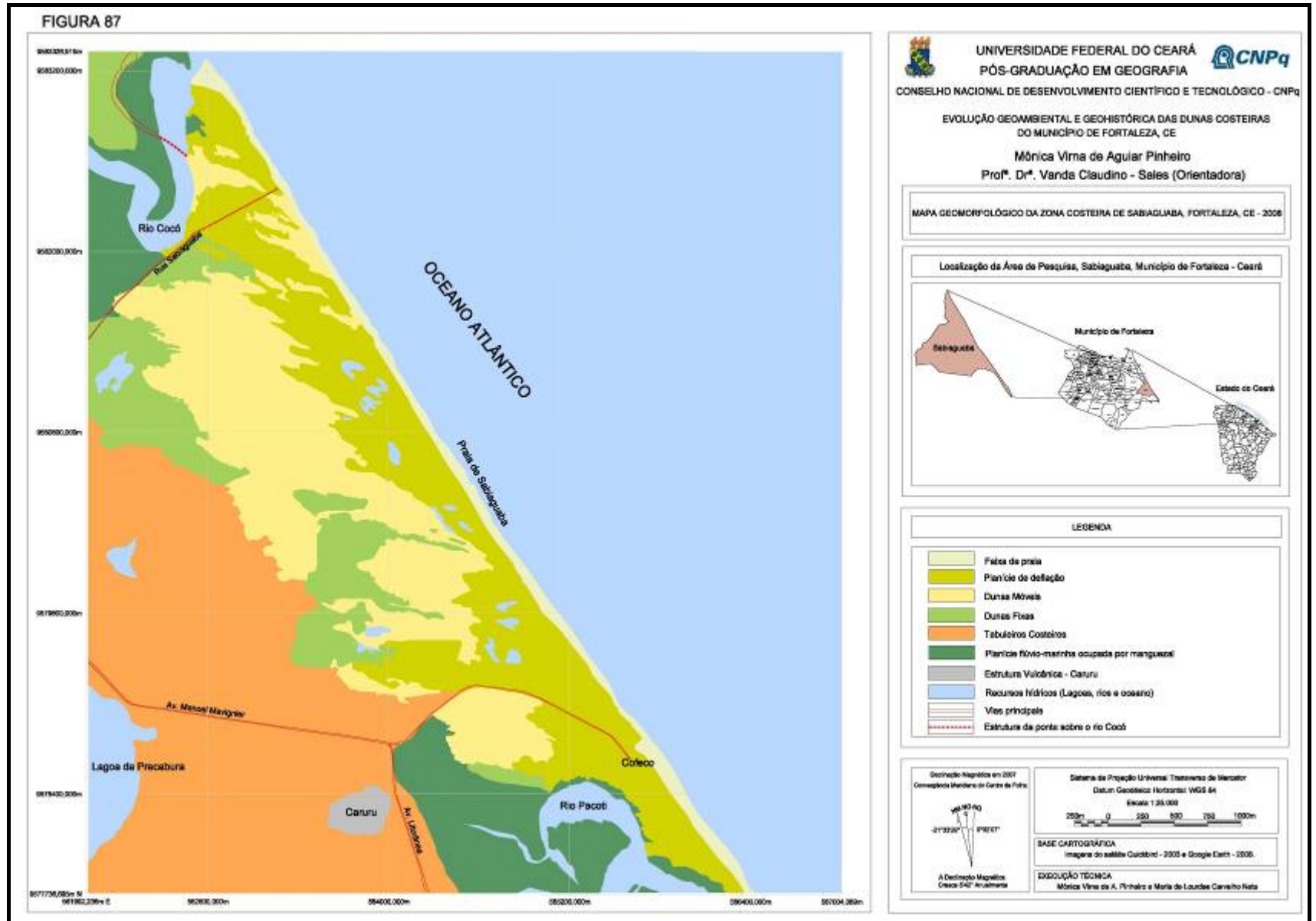
Em 1958, as dunas móveis da Praia da Sabiaguaba estavam dispostas morfologicamente semelhantes às da Praia do Futuro. Nesse setor as dunas encontravam-se como um cordão contínuo disposto em sentido SE-NW, pontilhada por pequenas lagoas (Figura 86). A extensão desse campo de dunas chegava a 4 km em média, sentido Rio Cocó - Rio Pacoti, e uma largura que chegava a 1,7 km em direção ao continente. No ano de 1958 as dunas fixas parabólicas ainda estavam presentes em Sabiaguaba. Estas possuíam formas parabólicas, localizadas a retaguarda das dunas móveis com sentido direcional SE-NW, estando parcialmente cobertas pelo contínuo processo de migração das dunas móveis (Figura 86). As dunas fixas apresentavam largura e extensão de 1,0 km em média.

A área das dunas móveis de Sabiaguaba em 1958 representava uma porção da cidade quase que intocável, uma exceção à urbanização já latente em Fortaleza. Assim, de acordo com os cálculos realizados, a área ocupada por esse campo de dunas possuía 4,60 km<sup>2</sup>. Quanto às dunas fixas, estas ocupavam uma área de 2,44 km<sup>2</sup> no ano de 1958, ocorrendo à retaguarda das dunas móveis até o contato com os tabuleiros costeiros e com o rio Cocó onde assoreavam o rio e recobriam a vegetação típica de manguezal (Figura 86).

As dunas móveis de Sabiaguaba chegam à atualidade com certo grau de preservação, mas com notável redução do aporte sedimentar que podíamos verificar no ano de 1958 (Figura 87). De acordo com os dados obtidos de 2008, a área ocupada pelas dunas é de 2,71 km<sup>2</sup> ou 58,91%. A redução dessas dunas na área chega a 41,09% (Figura 88). Já as dunas fixas da Praia de Sabiaguaba no ano de 2008 ocupam 1,04 km<sup>2</sup> ou 42,62% da área anteriormente ocupada por essa unidade geomorfológica. De acordo com esses dados houve uma redução de 57,38% das dunas fixas na área em estudo (ver Figura 81).

Assim, percebe-se que, em Sabiaguaba, por ser mais afastada da cidade e ter o rio Cocó como obstáculo natural à expansão urbana que vem ocorrendo em Fortaleza, foi parcialmente poupada da destruição (ver Figura 86). Mas, parte das dunas fixas foram ocupadas e destruídas, e as dunas móveis em certos pontos estão ocupadas por casas de veraneio, hotéis e clubes de recreação (Figura 89).





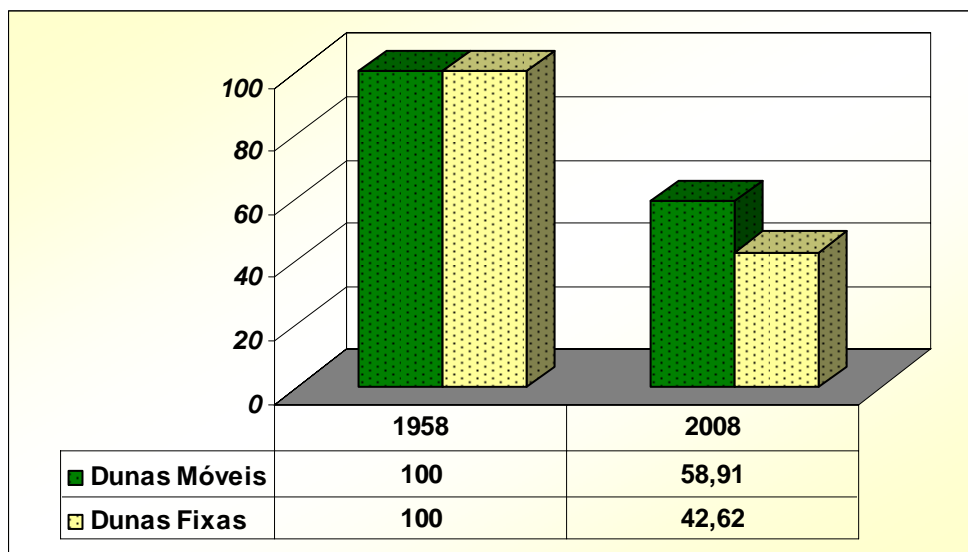


Figura 88 - Gráfico referente aos dados obtidos com o cálculo de regressão das dunas na praia de Sabiaguaba.  
Org.: Mônica Pinheiro.

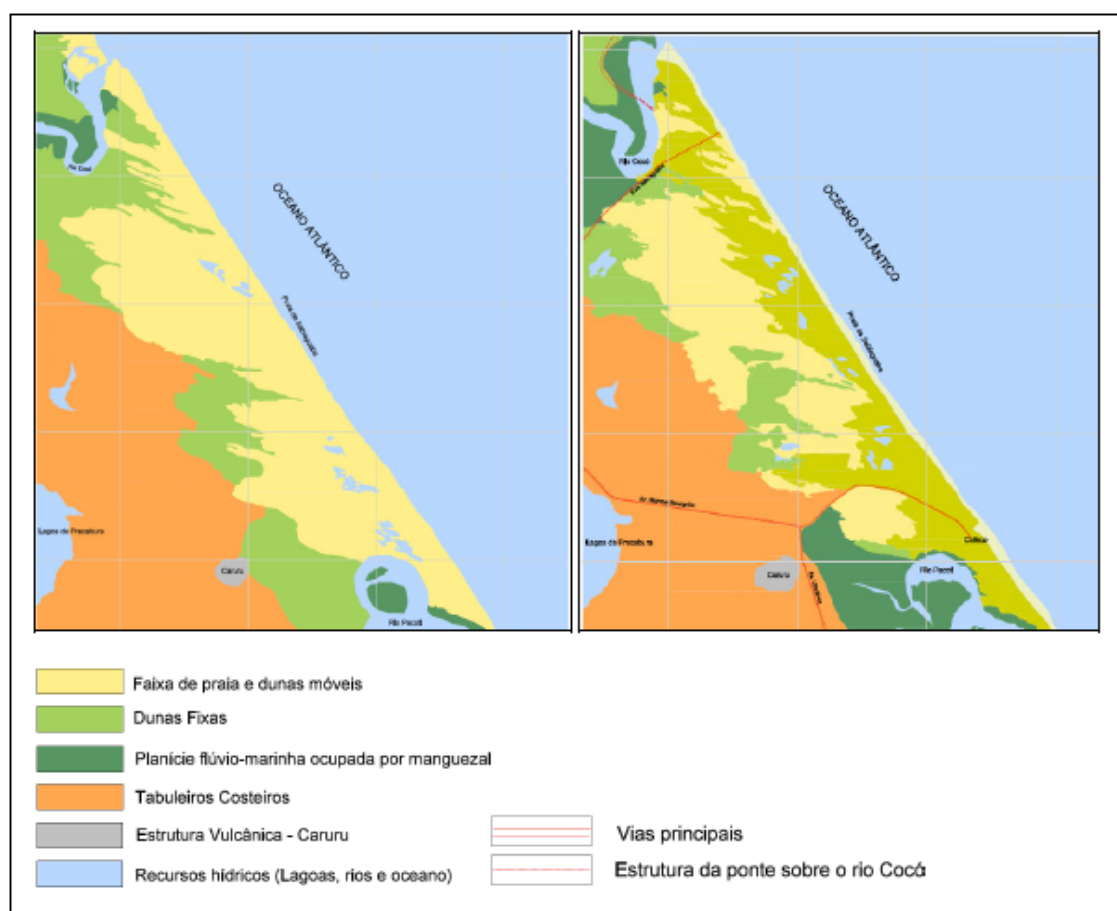


Figura 89 - Quadro comparativo da área mapeada na Praia de Sabiaguaba em 1958 (esquerda) e 2008 (direita).  
Org.: Mônica Pinheiro.

À medida que as dunas foram sendo ocupadas, ocorreram impactos de ordem ambiental que resultaram na perda da qualidade paisagística (alteradas a morfologia, fauna e flora, dinâmica eólica e transporte de sedimentos, impermeabilização do solo, zonas de recarga de aquífero e fluxo subterrâneo).

As dunas móveis ainda preservadas tornaram-se protegidas legalmente em 2006 através do Parque Municipal das Dunas de Sabiaguaba. Esse parque, no entanto, apesar de existir no papel, ainda não foi implantado, não havendo, fiscalização permanente nem mecanismo de controle e defesa dessas formas de relevo.

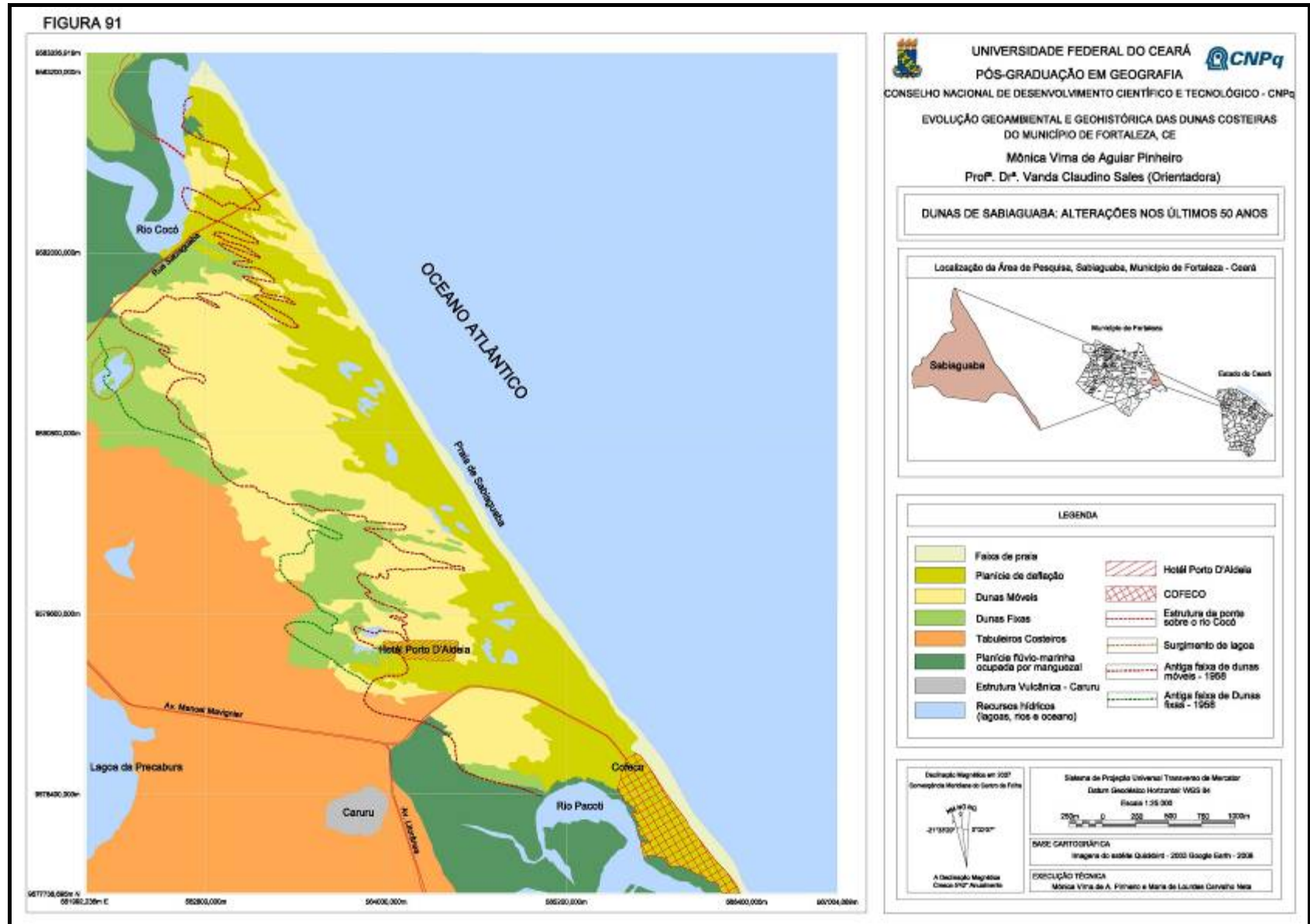
O setor costeiro de Sabiaguaba apresentou modificações menores quando comparadas à Praia do Futuro.

Percebe-se o aparecimento de uma extensa faixa de planície de deflação, com lagoas, motivada talvez por uma diminuição no aporte sedimentar que anteriormente alimentava esse setor o que, por conseguinte, causou também a redução das dunas em Sabiaguaba (Figura 90).



Figura 90 - Campo de dunas móveis da Sabiaguaba. Foto: Mônica Pinheiro (2008).

Nessa porção a área de dunas móveis teve redução maior próximo às imediações do rio Pacoti devido ao processo de progressão urbana ocorrido na área com instalação de equipamentos urbanos como avenidas ligando Fortaleza aos empreendimentos turísticos, do Porto das Dunas em Aquiraz e como clubes e hotéis (COFECO, Porto d'Aldeia) presentes na área (Figura 91).





Assim, verifica-se em Sabiaguaba uma expressão perversa da degradação ambiental: o campo de dunas não foi destruído diretamente pela urbanização local, mas a ocupação da zona litorânea a leste da área (à montante: nas praias do Iguape, Prainha, Porto das Dunas) alteraram a dinâmica litorânea, com interceptação das areias que eram transportadas pela corrente litorânea, diminuindo a alimentação da faixa de praia em Sabiaguaba e assim, também a chegada de novas areias às dunas. Dessa forma, as dunas de Sabiaguaba, mesmo sem ocupação direta, “pagam” o prejuízo da degradação ambiental das áreas adjacentes.

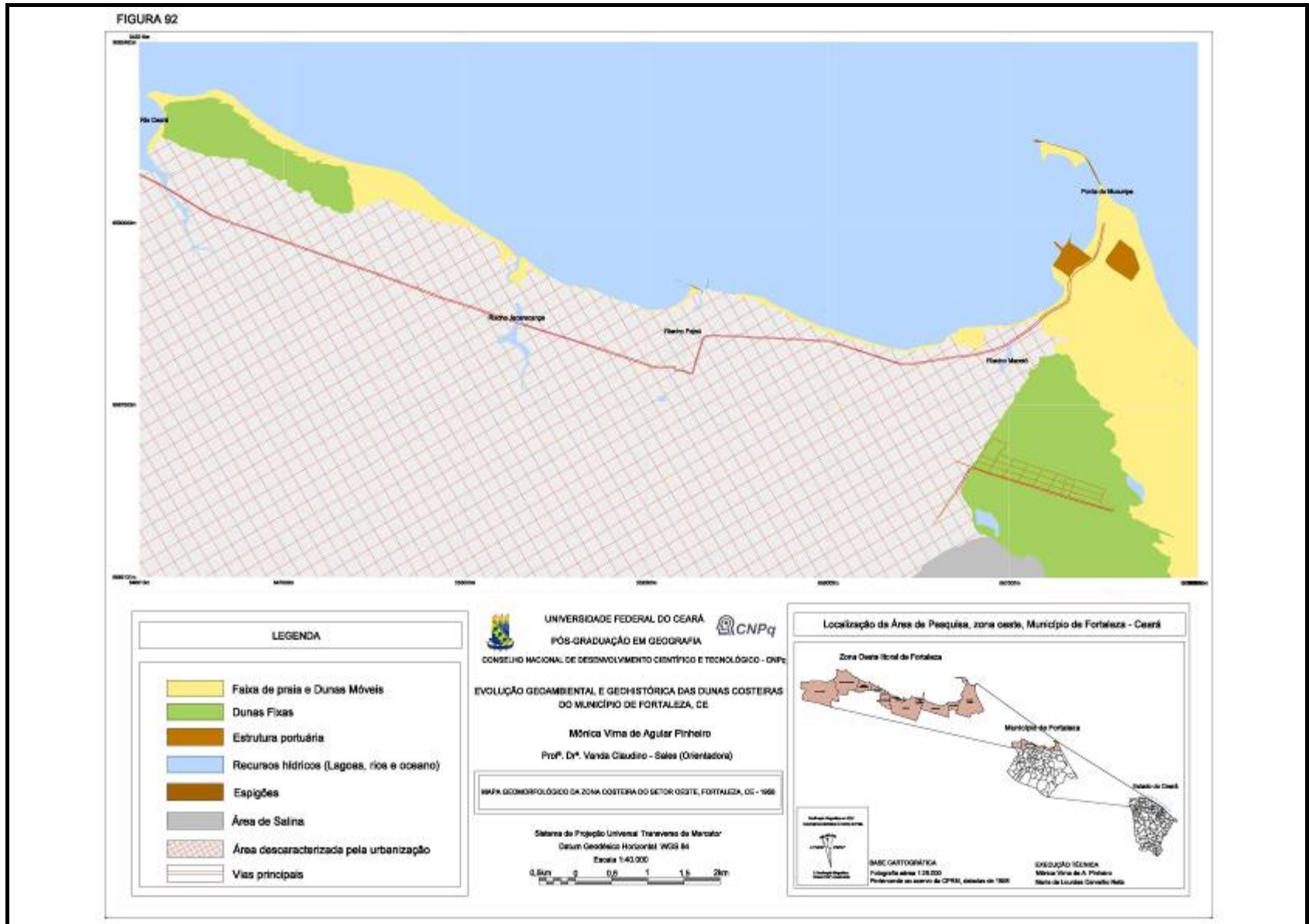
Esse fato explicita as cadeias naturais que se estabelecem na dinâmica ambiental. Eventualmente, a subida do nível do mar que vem sendo detectada nas últimas décadas, também, contribui para isso, por erosão das praias.

### **7.2.3 As Dunas do Setor Oeste de Fortaleza**

O campo de dunas oeste, da Ponta do Mucuripe ao rio Ceará, apresentava dimensões significativas, mas já restritas a porções relativas ao bairro do Pirambu e Barra do Ceará em 1958. Essas áreas guardavam suas características naturais tais como, a presença das dunas fixas localizadas à retaguarda das dunas móveis, na área onde hoje é ocupado pelo bairro Pirambu. Em 1958, as dunas do setor oeste apresentavam uma morfologia caracterizada por lençóis de areia ou dunas compostas, migrando em sentido SE-NW. A sua retaguarda encontravam-se dunas fixas aplainadas sem uma forma típica definida (Figura 92).

De acordo com o mapeamento por nós realizado, as dunas fixas sem forma definida da área apresentavam largura de cerca de 711m e extensão de 2 km em média. As dunas móveis possuíam dimensões relativamente consideráveis, com largura de cerca de 627m da faixa de praia em direção ao continente e extensão, no sentido riacho Jacarecanga - rio Ceará, de cerca de 5,4 km.

A ocorrência de dunas móveis no setor oeste em 1958 refletia o aporte sedimentar da zona costeira oeste de Fortaleza. Essa área de dunas móveis correspondia a aproximadamente 3 km<sup>2</sup>. As dunas fixas cobriam uma faixa de terras a retaguarda das dunas móveis se estendendo continente adentro até o setor edificado da cidade. Essas dunas fixas cobriam em 1958 uma área de cerca de 1,5 km<sup>2</sup>.



Paulatinamente ocupado pelas classes sociais de menor poder aquisitivo, o setor oeste encontra-se hoje completamente descaracterizada do ponto de vista do ambiente natural, restando apenas vestígios das dunas pretéritas que antes eram encontradas (Figura 93).

Como se pode ver nos mapas confeccionados (Figura 94), o campo de dunas móveis do setor oeste em 2008, possui sua área completamente ocupada, restando apenas um ponto isolado de depósito eólico móvel na foz do rio Ceará, no bairro da Barra do Ceará, entre as residências do bairro.

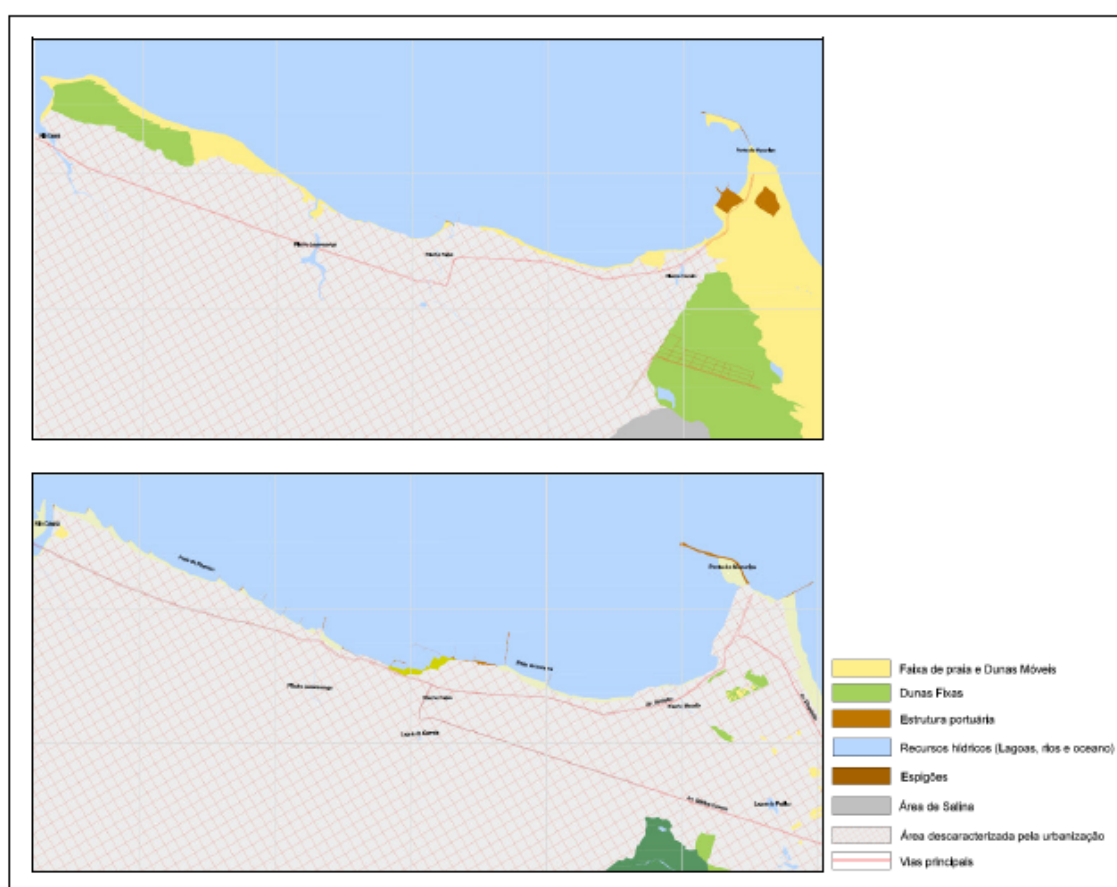
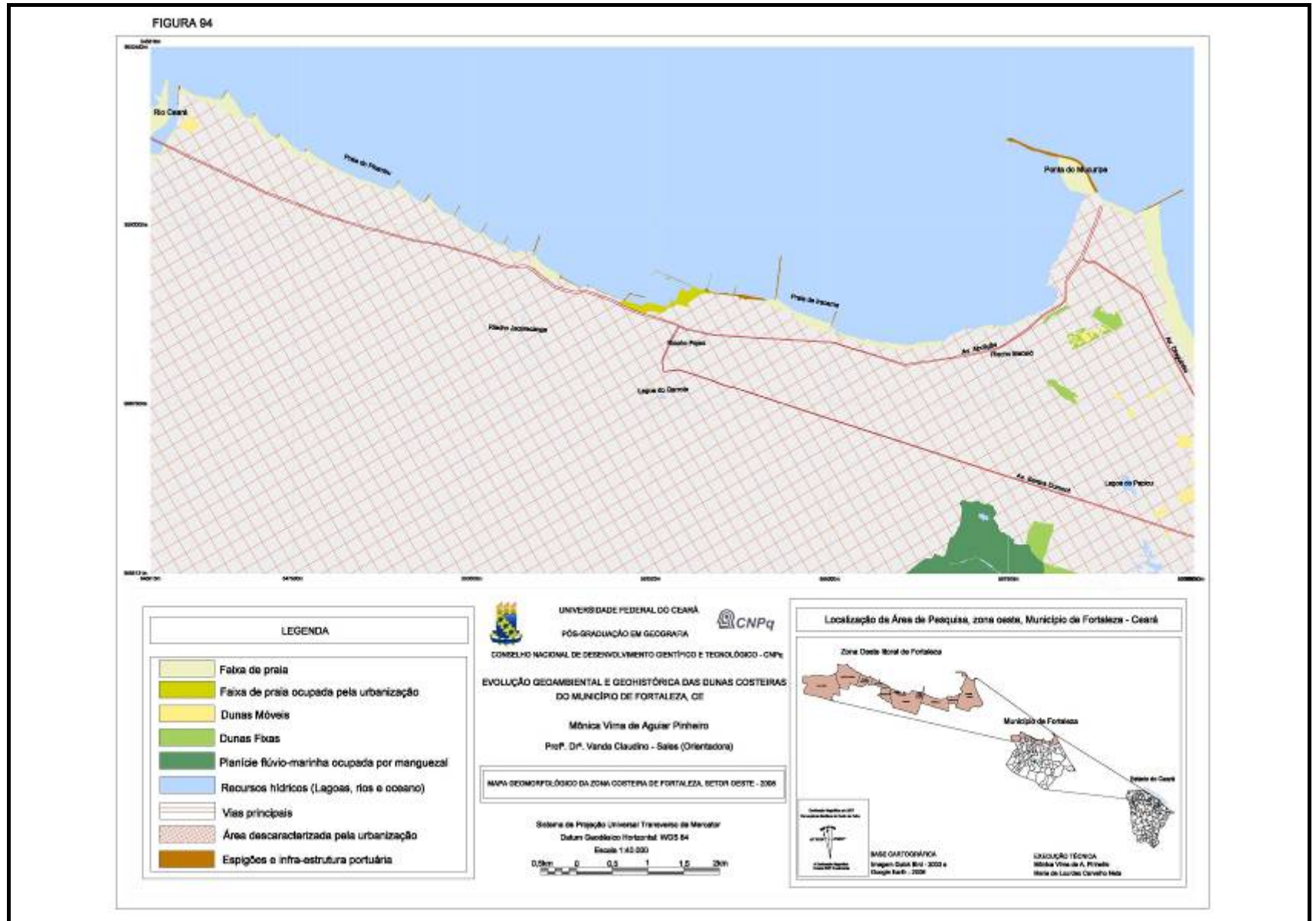


Figura 93 - Quadro comparativo do mapeamento realizado – Setor oeste 1958 (acima) e 2008 (em baixo). Org.: Mônica Pinheiro.



A área ocupada pelas dunas móveis calculada para o ano de 2008 corresponde a ínfimos 0,4 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 13,33% da área de dunas móveis restantes, se definimos como 100% a área de dunas móveis para o ano de 1958. Portanto, houve uma redução de 86,67% das dunas móveis na área (Figura 95 e ver figura 81).

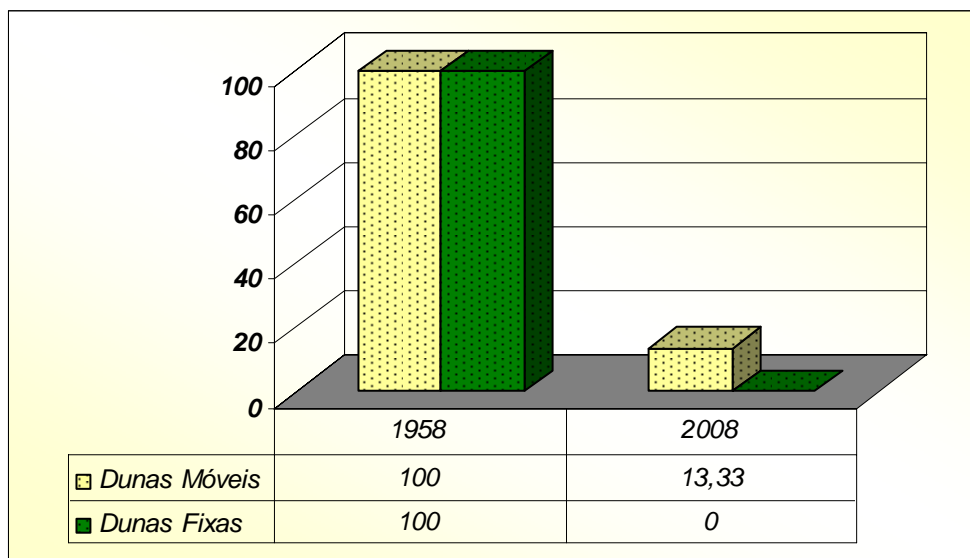
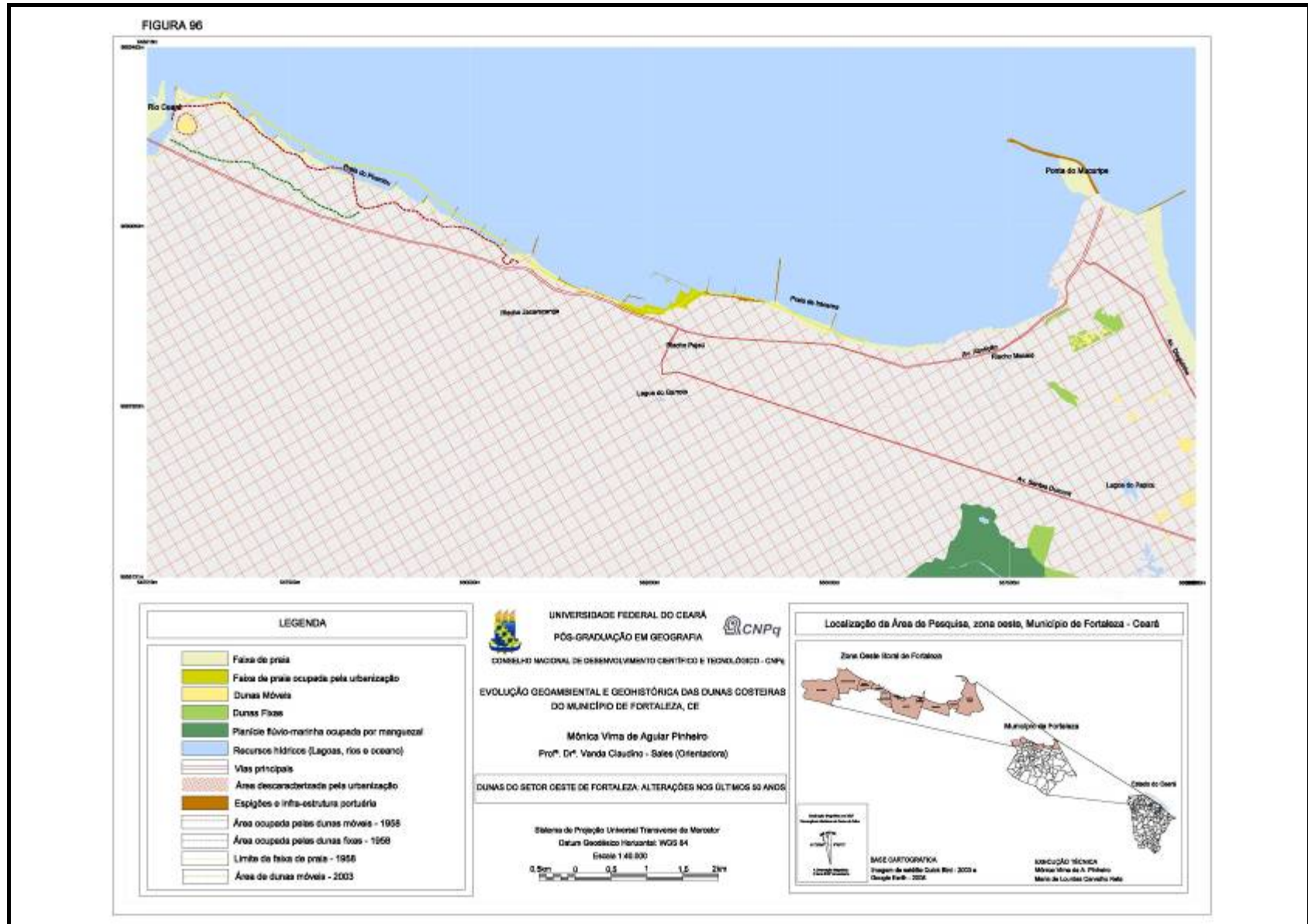


Figura 95 - Gráfico referente aos dados obtidos quanto à redução das dunas no setor oeste. Org.: Mônica Pinheiro.

Já as dunas fixas foram totalmente ocupadas e destruídas na área em tela, não restando quaisquer resquícios passíveis de mapeamento através de imagens de satélite ou fotografias aéreas, ou seja, 100% dessas dunas fixas foram ocupadas e/ou destruídas (Figura 95 e 96). Tal fato, de destruição de 100% do campo de dunas fixas no setor oeste, demonstra a agressividade do processo de crescimento da cidade com a destruição do seu patrimônio ambiental.

Nesse mapa comparativo realizado (Figura 96), fica claro as modificações no ambiente costeiro de Fortaleza e, em particular, a destruição/ocupação do campo de dunas do Pirambu e Barra do Ceará ocasionado principalmente pelo avanço urbano.

A ocupação desse setor é resultado, sobretudo, das construções de residências das classes menos abastadas de Fortaleza que construíram suas casas nesse ambiente inóspito. A grande maioria continua a viver em condições precárias nessas zonas de dunas da cidade, o que significa dizer, destruição do patrimônio ambiental e má qualidade de vida, por falta de opções sociais de moradias dignas.



## Capítulo 8 – As Formas de Proteção e Proposta de Uso e Gestão das Dunas: Exemplos Locais e Externos

---

### 8.1 As Dunas como áreas de preservação permanente: O que diz a legislação

A pressão sobre o meio ambiente e principalmente a ocupação de áreas costeiras incitou a ação de mecanismos legais, a fim de proteger e organizar a ocupação da zona costeira dentre elas as áreas de dunas que cobrem grandes porções da costa brasileira, incluindo Estado do Ceará.

Desta forma, em diversas instâncias que perpassam os âmbitos Federal, Estadual e Municipal, existem formas de regular a ocupação e proteger as áreas de dunas. Mas as mesmas leis que protegem possuem lacunas, hiatos ou espaços que permitem ocupações destas feições, mesmo que eventualmente, de forma restrita. Nesse sentido, discutiu-se a seguir os principais instrumentos legais que tratam sobre a questão de proteção e uso das áreas de dunas e as leis que regem atualmente as áreas de dunas em Fortaleza.

As Áreas de Preservação Permanente - APP são áreas nas quais, por imposição da lei, a vegetação deve ser mantida intacta, tendo em vista garantir a preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica e da biodiversidade, bem como o bem-estar das populações humanas. O regime de proteção das APP's é bastante rígido: a regra é a da intocabilidade, admitida excepcionalmente a supressão da vegetação apenas nos casos de utilidade pública ou interesse social legalmente previstos (ARAÚJO, 2002).

O início do processo de preocupação com as questões ambientais referente à legalização das medidas de uso e ocupação dos ambientes se iniciou de forma mais contundente a partir do Código Florestal Brasileiro disposto na lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965.

As dunas são descritas em tal lei relacionadas às suas formas fixas, sendo assim consideradas de preservação permanente a vegetação fixadora das dunas e formas vegetais relacionadas a fixar dunas. De acordo com o Código Florestal brasileiro, a supressão da vegetação em dunas fixas é admitida nos casos em que for necessário à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social e quando, inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto.

Em 1988, foi decretada a lei que regulamentaria a ocupação da zona costeira brasileira e seus múltiplos ecossistemas. A lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988 instituiu o

Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Em seu bojo encontramos o artigo que trata do zoneamento e atividades que irão ser desenvolvidas na zona costeira, dentre elas as áreas de dunas onde o plano irá prever as atividades devidas desta unidade.

Já no ano de 2002 a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002, vai dispor sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente, onde merece destaque os corpos dunares, sua definição e importância de preservação. Essa resolução considera as dunas como fundamental na dinâmica da zona costeira, no controle dos processos erosivos e na formação e recarga de aquíferos; de excepcional beleza cênica e paisagística e a importância da manutenção dos seus atributos para o turismo sustentável.

Em 2004 o decreto nº 5.300 de 07 de dezembro de 2004 regulamentou a lei nº 7661 de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC que dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona.

Outra resolução do CONAMA, a nº369 de 28 de março de 2006, vai estabelecer os casos excepcionais, de utilidade pública interesse social ou baixo impacto ambiental que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em APP's. Segundo esta resolução as áreas de preservação permanente, são caracterizadas, como regra geral, pela intocabilidade e vedação de uso econômico direto.

Quanto ao município de Fortaleza, a Lei Orgânica do Município instituída no ano de 2005, dispõe sobre o meio ambiente da cidade e trata especificamente sobre áreas de dunas. Dispõe que a urbanização deverá ser desestimulada ou contida em áreas que apresentem as características de necessidade de proteção aos mananciais, às praias, regiões lacustres, margens de rios e dunas.

Também diz que as lagoas, as dunas, as praias, os mangues e as paisagens naturais são consideradas de relevante valor ambiental, paisagístico e turístico, devendo sua delimitação, uso e ocupação serem definidas em lei.

Outra lei municipal, a lei nº 8.287 de 07 de julho de 1999, regulamenta o Fundo de Defesa do Meio Ambiente (FUNDEMA) e define como finalidade para o FUNDEMA o desenvolvimento de Programas de Educação Ambiental, recuperação do meio ambiente degradado e a preservação das áreas de interesse ecológico, compreendendo a execução das atividades como controle, monitoramento e avaliação dos recursos naturais do Município, visando à proteção, à preservação e à conservação de áreas de interesse ecológico, em especial as dunas, assim como a recuperação de áreas degradadas.



O Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza instituído através da Lei Complementar nº062 de 02 de Fevereiro de 2009, dispõe no capítulo III sobre a política do meio ambiente. Descreve que são diretrizes da política de meio ambiente, a preservação e conservação das dunas e que são ações estratégicas para o uso, preservação e conservação da biodiversidade criar unidades de conservação na área das dunas móveis da Praia do Futuro.

Declara ainda que integra o patrimônio público municipal o Parque Natural Municipal das Dunas da Sabiaguaba, com o objetivo de preservar os ecossistemas naturais existentes, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação ambiental, de ecoturismo e turismo comunitário. Institui que o órgão municipal competente deverá proceder à elaboração do plano de manejo do Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba no prazo previsto em lei.

## **8.2 Planejamento e Gestão: o caso do Parque das Dunas – Natal/RN**

Com uma área de 170 km<sup>2</sup> a cidade de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte é composta de extenso campo de dunas fixas contornando quase que completamente sua zona costeira. Sua população, segundo o último censo de 2004, apresentou uma população de 774.230 habitantes com uma densidade populacional de 4.2 hab/km<sup>2</sup> (NATAL, 2004).

Natal representa um bom exemplo de uso e planejamento urbano-ambiental adequado para áreas de dunas, guardados as devidas proporções físico-territoriais e sociais quando comparadas a Fortaleza. Esse exemplo será detalhado na seqüência.

### **8.2.1. A Cidade de Natal: Condicionantes Físicos**

Do ponto de vista geológico, o município de Natal insere-se num perímetro de terrenos exclusivamente sedimentares, destacando-se como referência a Formação Barreiras, dunas móveis, paleodunas, aluviões e coberturas colúvio-eluvias (SILVA, 2002).

Com uma altitude média de 30m, o seu relevo caracteriza-se por ser plano e suavemente ondulado, formado por tabuleiros costeiros, dunas e vales costeiros. O clima é caracterizado como quente e úmido, com uma temperatura média de 26,2°C e uma umidade

relativa do ar de 83%, apresentando um período chuvoso com precipitação média anual de 1.776,7 mm e um período de verão, amenizado por ventos alísios, vindos do sudeste, com velocidade média de 4,8 m/s (SILVA, 2002).

A cobertura vegetal nativa da região é constituída de remanescentes da Mata Atlântica, Caatinga e Tabuleiro Litorâneo, destacando-se o Parque das Dunas, criado em 22.11.1977, através do Decreto Estadual nº 7.237.

Considerado o segundo maior parque urbano do Brasil, com 1.172 hectares de extensão, exerce a função de área de conservação de espécies animais e vegetais e de proteção aos lençóis de água subterrâneos e locadora das dunas, trazendo benefícios relevantes no processo de amenização climática, pela criação de micro climas agradáveis, que contribuem de forma significativa para o conforto ambiental do núcleo urbano (CARVALHO, 2001).

Grande parte da vegetação original que recobrem os campos de dunas ocorre de forma mais expressiva nos bairros: Candelária, Pitimbu, Neópolis, Capim Macio, Ponta Negra e Nova Paranamirim (Figura 97) tem sido retirada devido, principalmente, ao processo de urbanização marcado pela forte influência do mercado imobiliário, através de práticas constantes de loteamentos e construções de imóveis (CARVALHO, 2001).



Figura 97 - Mapa da cidade de Natal e sua divisão por bairros. Percebe-se nesse mapa a área ocupada pelo Parque das Dunas da cidade, ocupando grande porção da faixa costeira da cidade. Fonte: NATAL (2004).

Sua idade corresponde ao seu estado dinâmico. As dunas fixas ou paleodunas são a geração mais antiga, constituída por sedimentos de coloração avermelhada a amarelada, bem selecionados, com idade aproximadamente compreendida entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno. A geração mais recente, de dunas móveis, possui idade Holocênica e coloração esbranquiçada (SILVA, 2002).

### 8.2.3 O Parque das Dunas

O Parque Estadual Dunas de Natal, denominado Jornalista Luiz Maria Alves, é mais conhecido simplesmente como Parque das Dunas ou Bosque dos Namorados. Trata-se de uma reserva de 1.172 hectares de Mata Atlântica, situada no coração da cidade de Natal (Figura 98).

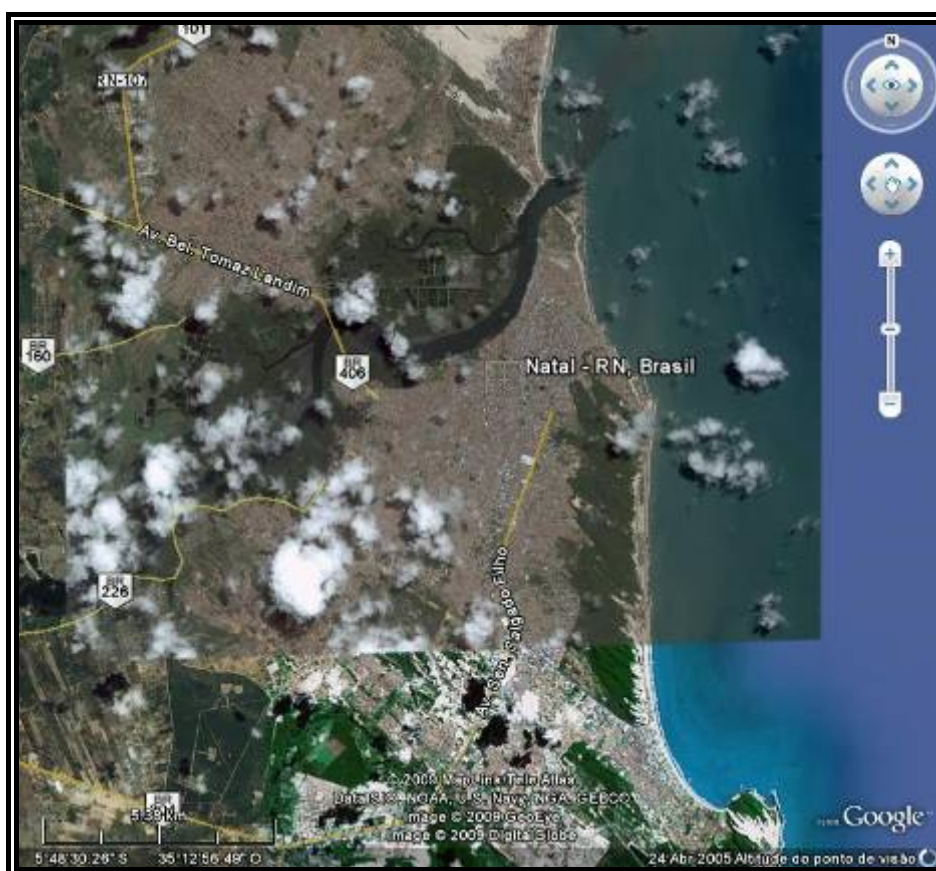


Figura 98 - Imagem de satélite da cidade de Natal onde se observa ao centro as dunas do Parque e a expansão urbana ao seu redor. Fonte: *Google Earth* (2009).

Criado através do Decreto Estadual nº 7.237 de 22 de novembro de 1977, o Parque das Dunas foi a primeira unidade de conservação ambiental implantada no Estado do Rio Grande do Norte. É parte integrante da reserva da biosfera da Mata Atlântica reconhecida pela UNESCO e, por isso, declarada Patrimônio Ambiental da Humanidade (NATAL, 2004).

O parque exerce uma grande importância na regulação do clima local, contribuindo com a recarga do aquífero subterrâneo, fixação das dunas e purificação do ar, além de ser uma paisagem belíssima para a cidade (NATAL, 2004).

Além disso, a utilização do parque das dunas é realizada de forma útil e racional, com diversas atividades sendo exercidas em sua extensão.

O acesso ao Parque das Dunas se dá pelo chamado Bosque dos Namorados, que tem uma área de aproximadamente 7 hectares com mais de 1.300 árvores representando 50 espécies nativas da Mata Atlântica (NATAL, 2004).

Também pode-se explorar o parque através de suas trilhas. São três, divididas por níveis de dificuldade, e que permitem ao visitante conhecer um pouco mais sobre a fauna e a flora do parque.

O Centro de Visitantes é o local de informação e orientação de todas as atividades do parque. O Centro ainda abriga a administração do parque, auditório, sala de exposição, enfermaria e lanchonete, além da Biblioteca Luiz Emigdio de Mello Filho, especializada na área de meio ambiente.

O Centro de Pesquisa é formado por pesquisadores e estagiários das áreas de ciências biológicas e possui dois laboratórios: um de botânica e um de zoologia, contendo exemplares de animais conservados em vidros, viveiros com cobras e aranhas, além de informações sobre a biodiversidade do parque.

Próximo ao Centro de Pesquisa existe ainda a Unidade de Mostra de Vegetação Nativa das Dunas, que dispõe de canteiros com exemplares de orquídeas, bromélias, aráceas e cactáceas, entre outras, além do Viveiro Parque das Dunas, com produção de mudas de árvores nativa para plantio no parque e doação a escolas.

Situado bem no meio do Bosque dos Namorados, existe ainda um parque infantil brinquedos educativos que atende as crianças de diversas faixas etárias. Foram construídos caminhos pela área para pedestres, divididos entre a "trilha dos répteis" e a "trilha das aves", identificáveis pelos desenhos em mosaico ao longo de cada um.

Além dos brinquedos, existe também uma área com várias mesas para piquenique e uma área de jogos com mesas para damas e xadrez, um anfiteatro ao ar livre para eventos e um lago artificial.

A Oficina de Educação Ambiental e Artes busca ampliar o conhecimento sobre o meio ambiente, tanto dos visitantes quanto dos moradores das proximidades do parque, através de atividades artísticas e culturais.

### **8.3 A Cidade de Fortaleza: Proposta de uso e ocupação para o Parque das Dunas de Sabiaguaba**

A partir do estudo efetuado na zona costeira de Fortaleza dando ênfase a área de dunas, do presente trabalho pode-se conhecer e visualizar através do mapeamento realizado a ocupação desse litoral, onde se encontravam os campos de dunas de Fortaleza. Dentro do que resta dessas paisagens, como o estudo evidência, a zona costeira de Sabiaguaba se destaca como uma área parcialmente conservada do nosso litoral.

Desta forma, no ano de 2006 foi decretada a lei que tem a finalidade de proteger e gerir a ocupação sustentável da área do Parque Municipal das Dunas de Sabiaguaba. Nesse sentido, propõe-se aqui idéias que possam contribuir tomando como exemplo o Parque das Dunas de Natal, assim como todo o presente trabalho, para auxiliar na construção da gestão do Parque das Dunas de Sabiaguaba contribuindo de maneira efetiva na construção de um ambiente equilibrado.

Segundo a Prefeitura Municipal de Fortaleza, o Parque das Dunas e a APA de Sabiaguaba tem o objetivo de se complementar e visar assegurar a preservação ambiental, o turismo ecológico e o desenvolvimento de atividades que não comprometam o equilíbrio do meio ambiente, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da cidade de Fortaleza.

Dentro das unidades de conservação da Sabiaguaba estão primeiramente o Parque Natural Municipal das Dunas, instituído após o decreto Municipal nº 11.986, de 20 de fevereiro de 2006, de preservação total. Possui área aproximada de 467,60 hectares, que abrange grande variedade de ecossistemas, incluindo dunas fixas e móveis, faixa de praia, lagoas costeiras e tabuleiros pré-litorâneos. Já a Área de Proteção Ambiental – APA da Sabiaguaba conta com uma área aproximada de 1.009,74 hectares, criada após o Decreto Municipal nº 11.987, de 20 de fevereiro de 2006, que tem como principal finalidade servir como zona de amortecimento para o Parque das Dunas (FORTALEZA, 2008) (Figura 99).

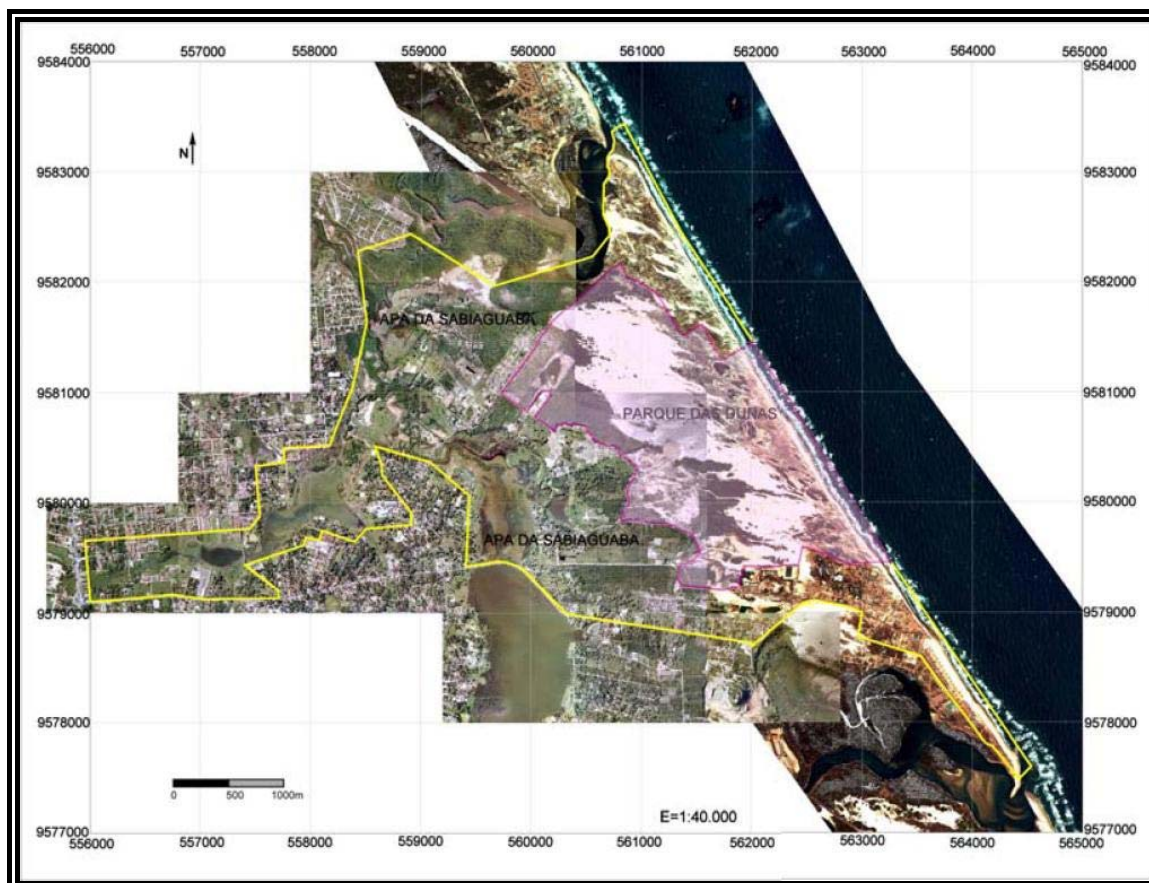


Figura 99 - Delimitação do Parque das Dunas de Sabiaguaba e sua zona de amortecimento pela APA de Sabiaguaba. Fonte: Projeto Orla (2006).

As diretrizes do Parque Natural Municipal das Dunas da Sabiaguaba são estabelecidas conforme a Lei Federal nº 9.985/2000, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

O artigo 72 que dispõe sobre as Zonas de Interesse Ambiental (ZIA) define essas áreas como originalmente impróprias à ocupação do ponto de vista ambiental, com incidência de atributos ambientais significativos em que a ocupação ocorreu de forma ambientalmente inadequada. A Zona de Interesse Ambiental (ZIA) abrange dentre outras as zonas da Praia do Futuro e Sabiaguaba, objeto de nosso estudo.

O Parque das Dunas de Sabiaguaba abriga uma grande variedade de ecossistemas da zona costeira como dunas, praias, rio, mangue e lagoas. O funcionamento do Parque poderá trazer benefícios à natureza, mas a população de Fortaleza principalmente nas áreas do entorno, poderá ser beneficiada através do bom uso que se pode oferecer a área. Desta forma propõem-se algumas idéias que podem ser utilizadas na constituição do Parque:

- Construir na área infra-estrutura necessária ao funcionamento do parque como um centro de referência que poderá servir como apoio a fiscalização da área, além de sala de exposição, centro de pesquisa, biblioteca, entre outros;
- Garantia de emprego para comunidade local e entorno (bairro Sabiaguaba e adjacências) através do funcionamento do parque, assegurando assim melhoria de renda para a população local;
- Incentivo à pesquisa (relativo aos diversos ecossistemas da área: Mangue, praia, dunas e rios, além de fauna e flora desses ambientes);
- Estágio para alunos da Prefeitura e Estado como oportunidade de aperfeiçoamento dos estudos e experiência profissional;
- Área de visitação para estudantes e demais setores da sociedade através de trilhas pré-estabelecidas e guias a fim de se estabelecer uma cultura e identidade ecológica com as áreas de dunas de Fortaleza.

Assim, vale ressaltar a importância das áreas de dunas como forma de equilíbrio da natureza (área de recarga de aquífero, dinâmica sedimentar da zona costeira, além de seus aspectos estéticos que atraem o segmento turístico). Por essa razão se faz necessário uma política de uso adequado para essas áreas a fim de preservá-la com uso sustentável.

Em Sabiaguaba com a retomada da construção da ponte sobre o rio Cocó torna-se necessário dar um uso sustentável à área do parque a fim de coibir outros usos privativos ou segregadores que não irão trazer benefícios diretos ao ambiente e cultura da população de Fortaleza.

Assim, os mesmos princípios preservacionistas devem orientar o rumo da ampliação da urbanização na Praia do Futuro.

#### **8.4 Requalificação da área de duna da Barra do Ceará**

Em Fortaleza outro setor relíquia de dunas é a Barra do Ceará, bairro localizado no setor extremo oeste da cidade as margens do rio Ceará, local onde se estabeleceram as primeiras tentativas de ocupação de Fortaleza. Hoje a Barra do Ceará agrega grande parcela da população carente de Fortaleza a destacar a população residente sobre as areias da duna às margens do rio Ceará que sofrem graves problemas relacionados com o avanço das areias sobre suas residências indevidamente construídas às vistas da gestão municipal.

Em muitos casos, a técnica adotada para se deter ou diminuir a migração das dunas consiste no plantio de espécies vegetais potencialmente fixadoras, com a salsa de praia e outros tipos de gramíneas que melhor se adaptam às condições regionais. Utiliza-se também, na tentativa de minimizar os efeitos da ação dos ventos ou desviar a sua direção, obstáculos feitos com palhas de carnaúba e de coqueiro, telas de nylon e outros materiais. Porém, a solução encontrada pela Prefeitura de Fortaleza foi a construção de um muro com a finalidade de deter o fluxo migratório da duna em direção à avenida que se interpõe entre a duna e o rio (ver capítulo 6). No entanto como era de se prever as areias começam a ultrapassar o muro e aterrar avenidas e casas.

Nesse sentido, propõe-se uma requalificação da área com a realocação da população que vive na área de risco sobre essa duna para casas no entorno da área em condições dignas e a fixação de todo corpo da duna através de vegetação adaptada. Posteriormente utilizar-se-ia a duna da Barra como parque/mirante para a população local, fortalezenses e turistas se tornando local de vista privilegiada da cidade de Fortaleza.



## Capítulo 9 – Considerações Finais

---

Com o intuito de conhecer os campos de dunas de Fortaleza, analisou-se o ambiente quanto aos seus aspectos evolutivos, morfológicos e a conjuntura sócio-ambiental que perfaz as áreas de dunas na cidade, desde o início do processo de ocupação até os dias atuais. Com esse estudo, pode-se constatar relevante diminuição das paisagens dunares e consequentemente, redução de sedimentos na zona costeira de Fortaleza, produzindo impactos diretos ao longo de todo o litoral oeste do Estado.

Através do mecanismo de transpasse ou *bypass* de sedimentos na Ponta do Mucuripe, ocorria a alimentação da dinâmica costeira do setor a oeste da Ponta do Mucuripe, em período anterior a urbanização da área de dunas da Praia do Futuro e Mucuripe.

Os corpos dunares ao se formarem, ganham contornos diferenciados que se definem através de diferenciações quanto à direção do vento dominante, superfície percorrida pelos sedimentos e localização dessas dunas dentro do segmento costeiro.

Nesse sentido, identificou-se diversos tipos de dunas em Fortaleza, anterior à urbanização e campos atuais em setores da Praia do Futuro e Sabiaguaba. Foram identificadas dunas móveis do tipo Compostas ou Lençóis de areia; semi-fixas como as *nebkas* e frontais e dunas fixas como as parabólicas *harpin* (período anterior à urbanização) e dunas sem forma definida.

Para nossa área de estudo, identificamos através da morfologia e datação efetuada, 3 gerações de dunas visíveis a partir da interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas.

As dunas de idade D1 correspondem aos depósitos dunares formados durante os últimos 200 ou 300 anos antes do presente, encontradas sob a forma de dunas frontais e *nebkas*. São dunas classificadas como semi-fixas, encontradas em diferentes setores do campo de dunas, tanto na praia de Sabiaguaba quanto na Praia do Futuro.

A outra geração encontrada em nossa área de estudo são as dunas D2, que se apresentam na forma móvel de dunas compostas ou lençóis de areia. A idade identificada para esse tipo de duna na área de Sabiaguaba foi de aproximadamente 250 anos, calculada através da velocidade de migração atual das dunas do tipo Lençol de Areia que é de 6m/ano no Estado do Ceará.

As dunas já fixadas do tipo parabólicas *hairpin* encontradas no litoral de Fortaleza, tanto nos setores de Sabiaguaba quanto na Praia do Futuro no ano de 1958 fazem parte da terceira geração de dunas ou dunas D3.

A datação realizada pelo método Luminescência Ópticamente Estimada - L.O.E em dois pontos distintos de dunas fixas em Fortaleza, no bairro Cocó e na Praia de Sabiaguaba, chegou-se as idades enquadradas na 3ª geração de dunas.

A duna fixa localizada próximo ao rio Cocó apresentou idade de 1.100 +/-150 ka. Essa idade se enquadra na 3ª geração de dunas, acumuladas durante a regressão marinha holocênica. A segunda amostra localizada na Praia de Sabiaguaba em duna fixa a sotavento do campo de dunas móveis, apresentou idade de 1.900 +/-250 ka, também se enquadrando na 3ª geração de dunas.

A maior parte da cidade de Fortaleza se encontra sob dunas e, portanto, desde o início da ocupação houve um intenso processo de descaracterização desses ambientes, perdurando até os dias atuais.

Assim, através da análise dos documentos históricos conseguiu-se resgatar as áreas de dunas que se encontravam em Fortaleza desde o período da colonização, até o início do processo de ocupação e urbanização do setor central da cidade.

Nesse sentido, três áreas de dunas se destacam. A área de duna chamada de Morro Marajaitiba onde instalou-se o Forte de Nossa Senhora d' Assunção; o Morro do Outeiro, duna situada no bairro Praia de Iracema, hoje situada a Igreja e Seminário da Prainha e por fim, o Morro do Croatá que já recebeu edificações como o paiol de pólvora e, por último a Estação Ferroviária.

As dunas são consideradas como ecossistemas frágeis, sensíveis, ou vulneráveis, mesmo quando submetidas a pequenas modificações. Os impactos negativos das atividades humanas em dunas costeiras têm sido consideráveis, e muitas delas encontra-se em adiantado estado de degradação, sendo que alguns casos foram completamente removidas – tal é o caso da maior parte do litoral de Fortaleza, como o Pirambu, Praia de Iracema, Mucuripe e Praia do Futuro.

A cidade de Fortaleza acompanhou o acelerado processo de urbanização das capitais brasileiras nas últimas décadas, despontando como uma cidade comercial e turística por excelência, dentre as capitais nordestinas.

Contudo, a natureza da cidade não foi levada em consideração nesse processo de crescimento. Seu litoral com extensas dunas vem sendo permanentemente ocupado e

descaracterizado por equipamentos urbanos diversos com a expansão da malha urbana, sem o planejamento urbano-ambiental adequado.

Destacou-se que a dinâmica natural de Fortaleza, predominantemente arenosa, foi progressivamente substituída por asfalto e impermeabilizada, causando sérios danos entre os quais, podemos destacar as enchentes e inundações no período de chuvas.

O dimensionamento da quantidade de área de dunas perdida em Fortaleza com a urbanização desde a década de 1950 demonstra um quadro preocupante e irreversível para a cidade.

Através do mapeamento realizado, com a produção de 09 (nove) mapas de zoneamento das unidades geomorfológicas da zona costeira de Fortaleza, pode-se constatar quantitativamente a expressiva perda de área de dunas ao longo de 50 anos na cidade, assim como, identificar os ambientes geomorfológicos encontrados na cidade em período anterior à urbanização, hoje mascarados pela urbanização.

Das dunas existentes na Praia do Futuro hoje só restam vestígios. Foi uma redução significativa de 97,07% da área ocupada anteriormente pelo campo de dunas móveis daquela porção da cidade. As dunas fixas, importante área de recarga de aquífero protegida por lei, também se reduziram drasticamente. Uma área de 83,23% dessas dunas não existe mais.

A praia de Sabiaguaba ocupa uma porção menos impactada, do ponto de vista ambiental, do litoral de Fortaleza. Seus 7 km foram, até o momento, relativamente poupados da expansão desenfreada da urbanização. Um motivo, talvez seja o bloqueio natural ocasionado pelo rio Cocó que divide esses dois segmentos da cidade.

Vale ressaltar, que essa barreira está próxima do fim, pois com a construção da ponte que vai ligar Praia do Futuro e Sabiaguaba, esse setor tende a sofrer mudanças significativas com a instalação de infra-estrutura e equipamentos urbanos que porventura tenderão a se instalar ao longo da rodovia, valorizando assim a área.

Ao longo dos 50 anos a Praia de Sabiaguaba teve uma redução de quase metade do seu campo de dunas móveis, uma fatia de 41,09% foi diminuída nessa porção da cidade. Podemos relacionar como causas principais às construções de barracas, clubes e um hotel na área. Quanto às dunas fixas, sua destruição chega ao número de 57,78% da área, com causas relacionadas principalmente a abertura de vias e construção do bairro homônimo e a degradação em áreas à montante.

Em diversas instâncias que perpassam os âmbitos Federal, Estadual e Municipal existem formas de regular a ocupação e proteger as áreas de dunas, mas as mesmas leis que

protegem possuem lacunas, permitindo ocupações indevidas destas feições, mesmo que de forma restrita.

Nesse sentido, discutiu-se os principais instrumentos legais que tratam sobre a questão de proteção e uso das áreas de dunas e as leis que regem atualmente as áreas de dunas em Fortaleza. No ano de 2006 foi decretada a lei criando uma unidade de conservação na área de dunas da Sabiaguaba, o Parque Municipal das Dunas de Sabiaguaba, que tem por finalidade proteger e gerir a ocupação sustentável da área.

Desta forma, propõe-se idéias que possam contribuir tomando como exemplo o Parque das Dunas de Natal, assim como todo o presente trabalho, para auxiliar na construção da gestão e plano de manejo do Parque das Dunas de Sabiaguaba que se encontra em estágio de elaboração, contribuindo de maneira efetiva na construção de um ambiente desenvolvido, porém em equilibrado.

Sendo assim, a partir do estudo efetuado em Fortaleza se enfatiza a necessidade de uma melhor gestão e planejamento adequado nas cidades litorâneas. Em Fortaleza, com efeito, se faz necessário a conjunção de crescimento urbano com meio ambiente sustentável, para que no futuro possam dar continuidade ao usufruto de paisagens de beleza cênica considerável e tão importante para uma dinâmica litorânea e costeira em equilíbrio.

Portanto, conclui-se reforçando, através do exemplo do que se tornou a cidade de Fortaleza, hoje quase que completamente urbanizada, a importância da preservação e continuidade dessas áreas de dunas, Sabiaguaba e Praia do Futuro, que já correm grandes riscos de total destruição. O estudo mostrando o exemplo da má utilização dos recursos naturais, através das dunas de Fortaleza, foi colocado como possibilidade para o equilíbrio entre desenvolvimento e natureza da zona litorânea de todo o Ceará.

A atual subida do nível do mar produzida por fatores naturais, como descongelamento, há mais de 18 mil anos, das calotas de gelo do Ártico e Antártico, está produzindo erosão das faixas de praia no mundo todo.

A erosão natural associada com a erosão acelerada resultante das formas inadequadas de uso da faixa litorânea, como construções na área de oscilações das marés e a interceptação das correntes litorâneas por portos, marinas, espigões costeiros e edifícios, paulatinamente destrói, as áreas praias e, assim, a fonte primária para a construção a acumulação de novas dunas. Dessa forma, nas zonas costeiras, não ocorre mais renovação e nem formação de novas dunas.

Se não preservarmos as que já existem, o futuro será a erradicação, a completa extinção das paisagens dunares à beira-mar. Um litoral sem dunas, será esse o nosso futuro?

## REFERÊNCIAS

---

ARAÚJO, S.M.V.G. **As Áreas de Preservação Permanente e a Questão Urbana**. Câmara dos Deputados, Brasília, 2002.

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha**. (Monografia). Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1958.

ARAI, M; UESUGUI, N; ROSSETTI, D. F. e GÓES, A. M. **Considerações sobre a Idade do Grupo Barreiras no Nordeste do Estado do Pará**. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, Pará, V. 2. 1988.

AZEVEDO, M.A. de. (Nirez). **Cronologia Ilustrada de Fortaleza: Roteiro para um Turismo Histórico e Cultural**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2001.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

BARRETO, A.M.F, SUGUIO, K., BEZERRA, F.H.R., TATUMI, S.H., YEE, M., GIANNINI, F. **Geologia e Geomorfologia do Quaternário Costeiro do Estado do Rio Grande do Norte**. Geol. USP Ser. Cient., São Paulo, v. 4, p. 1-12, 2004.

BEHLING, H. **Dinâmica Vegetacional no Quaternário Superior no Brasil, com ênfase no Brasil Meridional**. In: CLAUDINO-SALES, V.(org). **Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003.

BEZERRA, A. **As Praias**. Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Ano XVI, 1902.

BERTRAND, G. **Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique**. Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest, v. 39, fasc. 3, p. 249-272, 3 fig., 2 pol. Phot.h.t. 1968.

BOILLOT, G. **Géologie des Marges Continentales**. Masson Paris, 226 p, 1996.

BRAGA, R. **História da Comissão Científica de Exploração (1905-1968)**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1962.

BRAGA, A. P. G.; PASSOS, C. A. B.; SOUZA, E. M.; FRANÇA, J. B.; MEDEIROS, M. F. e ANDRADE, V. A. **Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará**. Projeto Fortaleza. Brasília: DNPM, 1981.

BRANCO, M.P.N.C., LEHEGEUR, L.G.O., CAMPOS, E.G. **Proposta de Classificação para as Feições Eólicas do Setor Leste da Região Metropolitana de Fortaleza-Ceará-Brasil**. Geociências, Vol. 22, p. 163-147, 2003.

BRANDÃO, R.L. **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. 2ªimp. CPRM, 1998.

BRANDÃO, R. L. (Org). **Sistema de informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: Diagnostico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. CPRM/SEMACE/SRH. Fortaleza: CPRM, 1995.

BRASIL, DNPM, **RADAMBRASIL**, Folha SA -24- Fortaleza, Vol. 21: 23 – 112. Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL, T.P.S. **Ensaio Estatístico da Província do Ceará**. Ed. Fac-similar (1863). Fortaleza: Fundação Waldemar Alcântara, 1997.

BRÍGIDO, J. A **Fortaleza em 1810**. Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Ano XXVI, 1912.

BRITO, A.E.R.M; MADEIRA, Z.R.; COSTA, F.A.P.; NUNES, E.P.; MATIAS L.Q.; SILVA, F.H.M. **Vegetação Costeira do Nordeste Semi-Árido**: Guia Ilustrado, Fortaleza: Edições UFC, 2006.

CARVALHO, A.M; DOMINGUES, J.M.L. e MAIA, L.P **Interação entre Deriva Litorânea e Potencial de Formação de Dunas na Morfogênese Costeira do NW do Ceará**. Mercator 5: 79-94, Fortaleza, 2004.

CARVALHO, A .M. **Dinâmica Costeira entre Cumbuco e Matões – Costa NW do Estado do Ceará. Ênfase nos Processos Eólicos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia, 172p. 2003.

CARVALHO, A.M. ; MORAIS, J.O. ; COUTINHO, P.N. **Caracterização Geoambiental e Dinâmica Costeira da Região de Aquiraz, Costa Leste do Estado do Ceará**. Revista de Geologia UFC, 7 :55-68, 1994.

CARVALHO, M. M. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal.** 2001.

CASTRO, J.L. **Contribuição de Adolfo Herbster à Forma Urbana da Cidade de Fortaleza.** Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Ano CVIII, 1994.

CASTRO, J.L. **Fatores de Localização e de Expansão da Cidade de Fortaleza.** Fortaleza: UFC, 1977.

CEARÁ. Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDU / Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. **Composição Florística e Estrutura dos Bosques de Mangue dos rios Ceará, Cocó e Pacoti.** Fortaleza, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo, Edgard Blücher, 1974.

CLAUDINO-SALES, V., PEULVAST, J.P. **Geomorfologia da Zona Costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil.** In: SILVA, J.B., DANTAS, E.W.C., ZANELLA, M.E., MEIRELES, A.J.A.(org) **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

CLAUDINO-SALES, V. **Os Lençóis Fortalezaenses.** Jornal O Povo: Fortaleza, 13 de Abril de 2006.

CLAUDINO-SALES, V. **Os Litorais Cearenses.** In: SILVA, J.B; CAVALCANTE, M. T.DANTAS, E.W.C.(Org.). Ceará: Um novo olhar geográfico. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

CLAUDINO-SALES, V. **Sistemas e Análise ambiental: Abordagem Crítica.** Revista GEOUSP – Espaço e Tempo. 16: 125-141, São Paulo: 2004.

CLAUDINO-SALES, V. **Les Littoraux Du Ceará. Evolution géomorphologique de la zone côtière de L'Etat du Ceará, Brésil – Du long terme au court terme.** Thèse de doctorat, Université Paris-Sorbonne, 511p. 2002.

CLAUDINO-SALES, V. **Cenários Litorâneos - Lagoa do Papicu: Natureza e ambiente na cidade de Fortaleza, Ce.** Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo - USP, 349 p. 1993.

COSTA, M.C.L. **Cidade 2000: expansão urbana e segregação espacial em Fortaleza.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 1998.

DANTAS, E.W.C. **Cidades Litorâneas Marítimas Tropicais: Construção da Segunda Metade do Século XX, Fato no Século XXI.** In: SILVA, J.B.; LIMA, L.C. DANTAS, E.W.C. Panorama da Geografia Brasileira II. São Paulo: Annablume, 2006.

DANTAS, E.W.C. **Mar à Vista: Estudo da Maritimidade em Fortaleza.** Fortaleza: Museu do Ceará, SECULT, 2002.

DIAS, G. **Cartas de Gonçalves Dias.** Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Ano XXXVIII, 1924.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FARIAS, A. **História do Ceará: Dos Índios à Geração Cambeba.** Fortaleza: Tropical, 1997.

FATEC-LVD. **Metodologia para datação por TL e LOE.** 2009.

FERREIRA, A.G. e MELLO, N.G. da S. **Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região.** Revista Brasileira de Climatologia, vol. 1, nº 1, Presidente Prudente, 2005

FORTALEZA. Prefeitura Municipal de Fortaleza - SEMAM. **Inventário Ambiental de Fortaleza.** Diagnóstico Versão Preliminar, 2003.

GIANNINI, P.C.F., RICCOMINI, C. **Sedimentos e Processos Sedimentares.** In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R; TAOLI, F. (ORGS.). Decifrando a Terra. São Paulo. Oficina de Textos, 2003.

HAWKSHAW, J. **Relatório do Sir. John Hawksaw.** Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Ano XXIII, 1909.



HESP, P.A. **A Gênese de Cristas de Praias e Dunas Frontais**. Mercator 2, Fortaleza, 2002.

HESP, P.A. **Coastal Sand Dunes: Form and Fuction**. Massey University. 28p (CDNV Technical Bulletin, 4), 2000.

HIDALGO, E.C., FLORES, J.A., SIERRA, F.J., GRIMALT, J.O. **Reconstrucción De Las Temperaturas Superficiales Marinas Del Margen Ibérico Sudoriental Durante El Último Periodo Glacial Mediante El Empleo De Cocolitofóridos**. GEOGACETA, 38, 2005.

KOSTER, H. **Viagens ao Nordeste do Brasil (1793-1820)**. 12ª edição. Vol. 1. Rio-São Paulo-Fortaleza: ABC Editora, 2003.

LEHUGEUR, L.G.O., SILVA, P.R.F.G., SILVA, J.G., BRANCO, M.P.N.C., RODRIGUES, A.C.B. **Morfodinâmica da Praia da Barra do Ceará, Município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil**. Arq. Ciência do Mar, Vol. 36, 2003.

LIMA, H. **Imagens do Ceará**. 2ªed. Fortaleza: Casa de José de Alencar, Programa Editorial, 1997.

MAIA, L.P., HERRMANN, H., LACERDA, L.D.de., CLAUDINO-SALES, V. **Modelagem Numérica: Um Ferramenta para Determinar as Implicações Ambientais de Mudanças Climáticas na Evolução de Campos de Dunas Costeiras do Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2008, no prelo.

MAIA, L.P. **Procesos Costeros Y Balance Sedimentario A lo Largo de Fortaleza (Ne-Brasil): Implicaciones Para una Gestion Adecuada de La Zona Litoral**. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 198p. 1998.

MAIA, L.P.; FREIRE, G.S.S; PESSOA, P.R.S.; RODRIGUES, A.C.B.; MAGALHÃES, S.H.O.; ARAÚJO, P.S.A. **Transporte Eólico de Sedimentos na Região Costeira do Ceará. Fluxo de Sedimentos e Características Granulométricas**. XVII Simpósio de Geologia do Nordeste. Resumos Expandidos, n. 15, Fortaleza, 1997.

MAIA, L.P. **Controle Tectônico e Evolução Geológica /Sedimentar da Região da Desembocadura do Rio Jaguaribe, Ceará**. Dissertação de mestrado. Departamento de geologia, UFPE, Recife, 144p. 1993.

MARTIN, L.; MÖRNER, N.A.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO, K. **Reconstrução de Antigos Níveis Marinheiros do Quaternário**. 1982.

MATOS, R.D.M. **The Northeast Brazilian Rift System**. *Tectonics* 11(4): 766-791. 1992.

MELO, J.B. **Ocupação Urbana e Impactos Ambientais de Empreendimentos Construídos na Zona Costeira de Fortaleza, CE**. In: SILVA, JB. ET AL (ORG). *Litoral e Sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro*. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

MENESES, A.B. **Descrição da Cidade de Fortaleza**. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará*, Ano IX, 1895.

MEIRELES, A.J.A; Silva, E.V.; Raventos, J.S. **Geomorfologia e Dinâmica Ambiental da Planície Litorânea entre as Desembocaduras aos Rios Pacotí e Ceará, Fortaleza - Ceará**. *Revista Geonotas*, vol.5 N°1. 2001.

MORAIS, J.O. **Evolução Sedimentológica da Enseada de Mucuripe (Fortaleza- Ceará – Brasil)**. *Arq. Ciências do Mar*, Vol. 21 (1/2), 1981.

MORAIS, J.O. **Aspectos do Transporte de Sedimentos no Litoral do Município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil**. *Arq. Ciência do Mar*, Vol. XX(1/2), 1980.

MORAIS, J.O.; SOUSA, M.J.N.; COUTINHO, P.N. **Contribuição ao Estudo Geomorfológico-Sedimentológico do Litoral de Beberibe, Ceará – Brasil**. *Arq. Ciência do Mar*, 15 (2), Págs. 71-78, Fortaleza, 1975.

MORENO, A., CACHO, I., CANALS, M. GRIMALT, J.O., SIERRA, F.J. **Relación Entre los Procesos Atmosféricos y Oceánicos a Escala Milenaria a partir del Registro Climático de Los últimos 50.000 años del Mar de Alborán (Mediterráneo Occidental)**. *GEOTEMAS* 6(5), 2004.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira**. In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MOURA-FÉ, M.M. **Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2008.

NATAL (RN). Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão Estratégica - SEMPLA. **Natal: diretrizes e estratégias para uma cidade saudável: plano integrado de ações municipais.** Natal: SEMPLA, 2004. 81p.

NOGUEIRA, J. **Fortaleza Velha: Crônicas.** 2ª ed. Fortaleza: Edições UFC, 1991.

NOGUEIRA, P. **Fortaleza do Ceará, Fortificação.** Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Ano II, 1888.

PEREIRA, R.C.M. e SILVA, E.V. **Solos e Vegetação do Ceará: características gerais.** In: SILVA, J.B; CAVALCANTE, M. T.DANTAS, E.W.C.(Org.). Ceará: Um novo olhar geográfico. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

PEULVAST, J.P.; CLAUDINO SALES, V. **La Bande Côtiere De L'etat Du Ceará, Nord-Est Du Brésil: Presentation Geomorphologique.** Mercator 5: 95-123, Fortaleza. 2004.

PEULVAST, J.P.; CLAUDINO-SALES, V. **Barreiras sediments and landforms: observations on the geomorphological of the meaning late cenozoic onshore sedimentation along the Equatorial of the Northeastern Brazil.** II Congresso da ABEQUA, 2002.

PEULVAST, J.P.; VANNEY, J.R. **Géomorphologie structurale.** Relief et structure Géologique (Terre, Corps Planétaires solides). Paris, BGERM, tomo 2, 480p, 2001

PINHEIRO, J. **Barras em Sourre.** Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Ano XVI, 1902.

PASKOFF, R. **Lês Littoraux – Impact dès aménagements sur leur évolution.** Paris, Masson, 1996.

PIRAZZOLI, P. A. **Sea-Level changes - The Last 20.000 years.** Willey N.Y. 1996.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA / PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO.  
<http://www.sepla.fortaleza.ce.gov.br/planodiretor>. Acessado em 10 de fevereiro de 2009.

REGNAULD, H. **Les Littoraux.** Synthèse, Armand Colin / Masson: Paris, 1998.

RODRIGUES, J.M.M e SILVA, E.V. **A Classificação das Paisagens a partir de uma Visão Geossistêmica.** Mercator, Ano 1, nº1, 2002.

SALGADO-LABORIAU, M. L. **História Ecológica da Terra**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.

SANT'ANA NETO, J.L. e NERY, J.T. **Variabilidade e Mudanças Climáticas no Brasil e seus Impactos Regionais**. In: SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ªed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SHACKLETON, N.J. **Oxygen Isotopics, Ice volume and sea level**. Quaternary Science Reviews, 6: 183-190, 1987.

SÍGOLO, J. B. **Processos Eólicos: A Ação dos Ventos**. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R; TAOLI, F. (Org). Decifrando a Terra. São Paulo. Oficina de Textos, 2003.

SILVA, E.A.J. **As Dunas Eólicas de Natal/RN: Datação e Evolução**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.

STUDART, B. **Geografia do Ceará**. Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, Ano XXXVIII, 1924.

SUERTEGARAY, D.M.A.(ORG.) **Terra: Feições Ilustradas**. Porto Alegre. Editora UFRGS, 2003.

SUGUIO, K., ÂNGULO, R.J., CARVALHO, A.M., CORRÊA, I.C.S., TOMAZELLI, L.J., WILLWOCK, J.A., VITAL, H. **Paleoníveis do Mar e Paleolinhas de Costa**. In: SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (passado+presente=futuro?)**. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

SUGUIO, K., MARTIN, L., BITTENCOURT, A.C.S.P., DOMINGUEZ, J.M.L., FLEXOR, J.M., AZEVEDO, A.E.G. **Flutuações do Nível Relativo do Mar durante o Quaternário**

**Superior ao Longo do Litoral Brasileiro e suas Implicações na Sedimentação Costeira.** Revista Brasileira de Geociências, v. 15 nº4, 1985.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R; TAOLI, F. (ORGS.). **Decifrando a Terra.** São Paulo. Oficina de Textos, 2003.

TEÓFILO, R. **A Fome.** Fortaleza: Academia Cearense de Letras, 1979.

TESSLER, M. G., MAHIQUES, M. M. **Processos Oceânicos e a Fisiografia dos Fundos Marinhos.** In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R; TAOLI, F. (ORGS.). Decifrando a Terra. São Paulo. Oficina de Textos, 2003.

TSOAR, H., LEVIN, N., PORAT, N., MAIA, L.P., HERRMANN, H.J., TATUMI, H., CLAUDINO-SALES, V. **The Effect of Climate Change on the Mobility and Stability of Costal Sand Dunes in Ceará State (NE Brazil).** Quaternary Research, 2008.

TSOAR, H; ARENS, S.M. **Mobilização e Estabilização de Dunas em Climas Úmidos e Secos.** Mercator 5: 131-144, Fortaleza 2003.

UNESP. <http://www.unesp.br/prope/projtecn/Outras/Outras07a.htm>. Acessado em 20 de junho de 2009.

VIEIRA JR., A.O. **Entre o Futuro e o Passado: Aspectos Urbanos de Fortaleza (1799-1850).** Fortaleza: Museu do Ceará, 2005.

VILLWOCK, J.B.; LESSA, G.C.; SUGUIO, K; ÂNGULO, R.J.; DILLENBURG, S.R. **Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras.** In: In: SOUSA, C.R.G et al. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

ZANELLA, M.E. e MELLO, N.G.S. **Eventos Pluviométricos Intensos em ambiente Urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004.** In: SILVA, JB. ET AL (ORG). Litoral e Sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

ZANELLA, M. E. **Eventos Pluviométricos Intensos em Ambiente Urbano: Fortaleza: o episódio do dia 29/01/2004.** In: SILVA, J. B; DANTAS, E. W. C. e MEIRELES, A. J. A. (Org.). Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

# ANEXOS

---



**Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA**  
**Laboratório de Datação**

Parceria com



**Faculdade de Tecnologia de São Paulo**  
**Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza**

## Relatório de Ensaio

**CLIENTE:** Francisco Gleidson

**Email:** f.gleidson@hotmail.com

**MATERIAL:** Sedimentos

**NATUREZA DO TRABALHO:** Datação de Sedimentos pelo método da Luminescência Ópticamente Estimulada.

**REFERÊNCIA:** Recebimento de material em 03/04/2009

### 1. AMOSTRAS

Foram fornecidas pelo cliente 2 (duas) amostras com as designações indicadas na Tabela 1, as amostras estavam acondicionadas e devidamente embaladas de forma que não tomaram luz no envio. As amostras foram recebidas em 03/04/2009 e identificadas no laboratório sob o código de 2323 e 2324.

### 2. MÉTODO UTILIZADO

Análise da dose acumulada – Equipamento utilizado: TL/OSL Automated Systems, Model 1100-series Daybreak Nuclear Instruments Inc.

Análise da dose anual – Equipamento utilizado: Canberra Inspector Portable Spectroscopy Workstation (NaI – Tl)

A metodologia completa pode ser encontrada em nosso site:

<http://www.fateclvd.pop.com.br> em Serviços/Datação



### 3. RESULTADOS

Os resultados das doses acumuladas, doses anuais e das idades estão apresentados na Tabela 1, a seguir:

**Tabela 1:** Código LVD, amostra, dose anual, dose acumulada e idade.

<b>Código LVD</b>	<b>Amostra</b>	<b>Dose Anual (μGy/ano)</b>	<b>Dose Acumulada (Gy)</b>	<b>Idade (anos)</b>
2323	AFT 01	1.800 ± 170	1,97	1.100 ± 150
2324	AFT 02	2.200 ± 170	4,17	1.900 ± 250

Os resultados das concentrações de <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>40</sup>K estão apresentados na Tabela 2, a seguir:

**Tabela 2:** Amostra, Th (Tório), U (Urânio), K (Potássio) e dose anual.

<b>Amostra</b>	<b>Th (ppm)</b>	<b>U (ppm)</b>	<b>K (%)</b>	<b>Dose Anual (μGy/ano)</b>
2323	4,433 ± 0,160	1,008 ± 0,066	0,935 ± 0,136	1.800 ± 170
2324	7,842 ± 0,282	1,509 ± 0,036	0,937 ± 0,136	2.200 ± 170

São Paulo, 13 de Julho de 2009.

**Dr. Márcio Yee**  
*Responsável pela Análise*

**Profa. Dra. Sonia H. Tatumi**  
*Coordenadora do Laboratório*