

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA



Evolução Geomorfológica Atual e Análise Ambiental da Foz do Rio Jaguaribe, Ceará



MARIA DE LOURDES CARVALHO NETA

FORTALEZA
2007

MARIA DE LOURDES CARVALHO NETA

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA ATUAL E ANÁLISE AMBIENTAL
DA FOZ DO RIO JAGUARIBE/CE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Ceará obrigatório para a obtenção do título de mestre, área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Profa. Dra. Vanda de Claudino Sales.

FORTALEZA
2007

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Cristina Azevedo U. Melo CRB-3/572

C326e Carvalho Neta, Maria de Lourdes

Evolução geomorfológica atual e análise ambiental da foz do rio Jaguaribe,
Ceará / Maria de Lourdes Carvalho Neta.
123f., il. color. enc.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental
Orientadora: Profa. Dra. Vanda Carneiro de Claudino Sales

1. Geomorfologia costeira 2. Desembocadura fluvial 3. Sensoriamento remoto
I. Sales, Vanda Carneiro de Claudino (orient.) II. Universidade Federal do Ceará –
Pós-Graduação em Geografia III. Título

CDD 910

MARIA DE LOURDES CARVALHO NETA

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA ATUAL E ANÁLISE AMBIENTAL DA FOZ DO
RIO JAGUARIBE/CE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Geografia da Universidade Federal do
Ceará obrigatório para a obtenção do título de
mestre, área de concentração: Dinâmica
territorial e ambiental.

CONTEITO OBTIDO: APROVADA

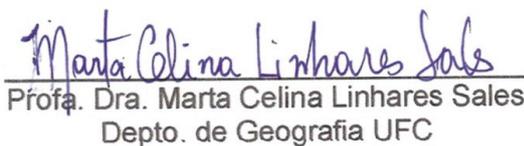
NOTA: 10

DISSERTAÇÃO DEFENDIDA EM 30/ 07/ 2007

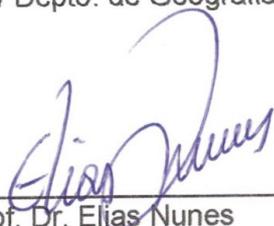
Banca Examinadora:



Profa. Dra. Vanda de Claudino Sales
Orientadora/ Depto. de Geografia UFC



Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales
Depto. de Geografia UFC



Prof. Dr. Elias Nunes
Depto. de Geografia UFRN



Prof. Dr. Luis Parente Maia
Depto. de Geologia UFC

A D. Fátima e Sr. Edvando meus pais,

Layla Cristina, minha paixão...

*Aos inúmeros Anjos da Guarda,
sempre (ou quase) de plantão.*

AGRADECIMENTOS

A efetivação desta pesquisa é resultado de muito trabalho, dedicação, sacrifícios e “boas energias” despendidas por mim e por um grupo de “pessoas” muito importantes, que merecem meus agradecimentos.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo suporte financeiro parcial a essa pesquisa, sem o qual seria mais dolorosa a execução.

Ao Programa de Mestrado em Geografia, na pessoa do Coordenador Professor Eustógio Wanderley Correia Dantas, que em muitos momentos transcendeu este “cargo”, cedendo seus ouvidos para as minhas lamentações, e conselhos para a minha superação.

À Professora Vanda de Claudino-Sales, minha *SUPER* querida orientadora e coordenadora do Laboratório de Geomorfologia Ambiental Costeira e Continental – LAGECO. Pelos ensinamentos, confiança, força, puxões de orelhas (por vezes necessários) e vontade *INIGUALÁVEL* de produzir ciência, repassados ao longo dos cinco anos de trabalho, meu muito, *MUITO* obrigada!

Agradeço aos professores que aceitaram gentilmente participar da banca. À professora Marta Celina Linhares Sales e Elias Nunes por todas as contribuições desde o exame de qualificação, e ao professor Luis Parente Maia, pelos dados fornecidos e por encontrar um espaço na sua, concorrida, agenda.

Aos professores Mateo Rodríguez (Universidade de Havana, Cuba) e Edson Vicente (UFC), pela força e pela disponibilidade constante em ajudar-me, pelas indicações de leituras e empréstimos de materiais. Ao professor Jean-Pierre Peulvast (Universidade de Sorbonne, Paris) pelas dicas e pelo apoio no trabalho de campo. À Andréa Panizza pela atenção dispensada, pelas leituras e tentativas em me acalmar nessa reta final.

Aos funcionários e “pessoas” que compõem o Departamento, por entenderem minhas perturbações nesses seis anos de convivência, agradeço-os no nome do meu conterrâneo Evaldo Maia, D. Mazé, D. Sandra, Sr. Aldir e da “Tia” Denise.

De maneira muito atenciosa, agradeço a ajuda de uma *peçoinha* muito especial, sem a qual esse trabalho simplesmente não teria sido realizado – o mais que professor Paulo Thiers! Obrigadíssima pelos dias “ganhos” em insistir que eu seria capaz de executar o trabalho, pela dedicação, paciência, carinho, pelo ombro e ouvidos, amizade e energia *SUPER* positiva!

Ao LAGECO, grupo de pesquisa *ARRASANTE*, ao qual me orgulho de integrar! Agradeço desde a acolhida na pessoa de Alex Pires (meu “para sempre” monitor). À Elizangela Batista e Geísa Silveira (companheiras desde o princípio), Marcelo Moura-Fé, Anatarino Torres, Mônica Virna Pinheiro e Rúbson Maia agradeço-os pelos materiais, dados, artigos, gráficos e pelas palavras sempre tão importantes, principalmente, na fase final.

Agradeço ainda, às “almas penadas” do Laboratório de Cartografia Digital, no nome de Francisco Mendes (Chicão), pelos momentos divididos na fase de elaboração dos produtos cartográficos.

Ao melhor grupo PET do Brasil, o PET Geografia UFC, o qual fui integrante no período da graduação. De maneira especial agradeço às meninas – Ana Karina Holanda, Bruna Delfino e Mariana Bezerra –, que tantas vezes escutaram e acreditaram no “... *um dia seremos todas recompensadas...*”, obrigada pela divisão das angústias e pela amizade! À professora Ivaine Tonini, por desvendar o mundo enigmático dos “Doutores”, pelo carinho e confiança. Aos *muitos* que conviveram comigo neste espaço e contribuíram para o meu crescimento. Agradeço à garotada do grupo atual nos nomes de Auricélio Gois, Silmara Quinto e João Paulo Matias, e ainda aos amigos do INTERPET Ceará: André Luis, Rafael, Henrique Barros, Aracelly, Elydiana, Felipe, Mickaelle, Diego, Sandro, Veriana, pelos momentos de alegria e de aprendizado.

Agradeço à amiga Geísa Silveira do Nascimento: pelos momentos alegres compartilhados e outros, não tão bacanas. Por me dizer “não”, mesmo quando eu queria escutar “sim”. Pelo companheirismo, pela trajetória dividida, pelo imensurável e importantíssimo incentivo... *Obrigada amiga!*

Aos amigos e Geógrafos: Carlos Henrique Lopes, Jader Santos, Albaniza Fernandes, Máira Gomes, Kenia Diógenes, Melanie Georgevich, Rodrigo Lucena, pelas aventuras geográficas (ou não tão geográficas), pelos ensinamentos, por sempre (ou quase sempre) atenderem aos meus chamados, pela boa energia, pelas conversas produtivas, pelos ouvidos, pelos conselhos, pelo carinho e zelo!

Às pessoas *super* queridas, que mesmo de longe, e cada um a seu modo, torceram, enviaram vibrações positivas e contribuíram (muitas vezes cobrando) para a finalização desta dissertação. Agradeço a Arlene Nascimento, Ana Lira, Augusto Copque, e a todos os “*filhinhos*” queridos, da época do movimento estudantil, espalhados pelo Nordeste, por se fazerem presentes mesmo a *quilôôôômetros* de distância!

Por último, agradeço a minha grande e QUERIDA família, meu alicerce, que mesmo sem entender direito o que este trabalho significa, acreditaram que era importante, e contribuíram para a sua efetivação.

Aos meus pais Edvando (o *Branco*) e Fátima, que forneceram muito carinho, muita confiança e *muuuuitas* orações. Agradeço a meus irmãos, no nome de Bandeira (o *caçula*), com quem dividi, mais de perto, momentos difíceis e alegres. Agradeço ainda, Elizangela, sua esposa, que de minha companheira de Universidade, passou a fazer parte da minha querida família. Às crianças Pedro Felipe e Layla Cristina (talvez a que mais sofreu nessa etapa), agradeço por ter, pelo menos tentado entender, a minha ausência nos últimos meses.

À meu primo-irmão, Jorge de Lima, agradeço por tudo, de coração! Por ser companheiro de todas as horas, pela tranquilidade, por sempre dar um “jeitinho” pra me ajudar e pelas tantas vezes que teve que repetir “... *relaxa garota!*”

Ao meu tio super querido, João Eudes de Oliveira, responsável por minha vinda à Fortaleza, agradeço por toda confiança depositada, pelos incentivos, pelas palavras, pelo carinho conjunto com o de Amélia (sua esposa) transformando-se em meus segundos pais. À Karla Loureto e Mayara de Lima “minhas” *pequena-grandes*, agradeço o carinho, a força, a garra e o inúmeros momentos de descontração e boas rizadas!

Obrigada a todas as *pessoinhas* que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma análise das feições geomorfológicas e um diagnóstico do quadro ambiental da desembocadura do rio Jaguaribe, o recurso hídrico de maior abrangência e importância no Estado do Ceará. São consideradas a planície fluvial, a faixa de praia, os campos de dunas móveis e de dunas fixas, a planície flúvio-marinha e os tabuleiros costeiros. O recorte temporal analisado expõe cerca de quarenta anos de evolução – são trabalhados os anos de 1968, 1988 e 2004. Os objetivos são apresentar as mudanças geomorfológicas e ambientais ocorridas entre esse período. As análises dessas alterações foram realizadas através da interpretação visual de fotografias aéreas na escala de 1:70.000 do ano de 1968, fotografias aéreas na escala de 1:32.500 do ano de 1988 e imagens do satélite SPOT 5 e *Quickbird*, datadas do ano de 2004. As bacias hidrográficas se comportam enquanto sistemas abertos, ou seja, com trocas de matéria e energia, desse modo, qualquer interferência indica respostas em algum ponto do sistema. As feições geomorfológicas da foz do rio Jaguaribe são o resultado da dinâmica fluvial, da dinâmica litorânea e de maneira mais recente, no entanto, não menos eficaz, da dinâmica imposta pelos seres humanos que ao longo do tempo moldam e transformam tais feições. O regime hidrológico deste curso d'água, bem como de todo o Estado, condicionado principalmente pela irregularidade das chuvas e pelas condições geológicas das áreas onde se situam as diversas bacias hidrográficas, é do tipo intermitente. Ao longo de seu curso, várias são as obras instaladas em seu leito, na maioria barragens, na tentativa de perenização. Desde a década de 1980 com a abertura da válvula do açude Óros, o rio possui 2/3 do curso perenizado – são mais de 300 km, atingindo cerca de 23 municípios. Atualmente são mais de 50 barragens de grande, médio e pequeno porte. Tais construções implicam em consideráveis alterações nas características naturais do recurso hídrico. O barramento do fluxo natural do rio, no alto, médio e/ou baixo cursos, inserido na política de gestão das águas do Estado, alterou consideravelmente sua vazão na foz, que no início do século XX era de 200 m³/s, para menos de 40 m³/s nos dias atuais. No entanto, as modificações não cessam por aí, não é apenas água que é barrada, há também a interrupção do fluxo de sedimentos, o que acarreta em alterações sedimentológicas e geomorfológicas. Associada a este processo de açudagem a partir da década de 1990, a atividade da carcinicultura se instala nesse ambiente, de forma indiscriminada, acarretando também alterações geomorfológicas e mudanças no quadro ambiental. As áreas ocupadas por manguezais e apicuns variaram de maneira considerável, além de a planície litorânea da área, de maneira geral, apresentar-se uma tendência à erosão na margem esquerda da foz do rio Jaguaribe e acumulação em sua margem direita.

PALAVRAS CHAVE: Geomorfologia costeira, desembocadura fluvial, sensoriamento remoto.

RESUMEN

Esta disertación presenta un análisis de las formas geomorfológicas y una diagnosis del cuadro de lo ambiente de la desembocadura del río Jaguaribe, el recurso hídrico de más grande amplitud y importancia en el Estado de Ceará. Se consideran la llanura fluvial, la faja playera, los campos de dunas movibles y de dunas fijas, la llanura flúvio-maina y los tableros costeros. El recorte temporal analizado expone aproximadamente cuarenta años de evolución – son trabajados los años de 1968, 1988 y 2004. Los objetivos son presentar los cambios geomorfológicos y ambientales ocurridos entre ese período. Los análisis de esas alteraciones fueron cumplidos através de la interpretación visual de fotografías aéreas en la escala de 1:70.000 del año de 1968, fotografías aéreas en la escala de 1:32.500 del año de 1988 y las imágenes del satélite SPOT 5 y *Quickbird*, datado del año de 2004. Las cuencas hidrográficas se comportan como sistemas abiertos, con cambios de la materia y energía, de este modo, cualquier interferencia indica respuestas en un cierto punto del sistema. Las formas geomorfológicas de la desembocadura del río Jaguaribe son el resultado de la dinámica fluvial, la dinámica costera y de manera más reciente, sin embargo, no menos eficaz, de la dinámica impuesta por los seres humanos, que a lo largo del tiempo moldean y transforman tales formas. El régimen hidrológico de este curso de agua, así como de todo el Estado, condicionados principalmente por la irregularidad de las lluvias y por las condiciones geológicas de las áreas donde son localizados las varias cuencas hidrográficas, es del tipo intermitente. A lo largo del curso fluvial, varias son las obras instaladas, en la mayoría de las presas, en el esfuerzo del perenizaçã. Desde la década de 1980 con la apertura de la válvula del azud Óros, el río posee 2/3 del curso perenizado – son más de 300 km, mientras alcanzando aproximadamente 23 distritos municipales. Ahora son más de 50 azud de grande, media y pequeña carga. Tales construcciones implican en alteraciones considerables en las características naturales del recurso hídrico. El presamento del flujo natural del río, en el alto, el medio y/o bajo cursos, insertados en la política de gestión de las aguas del Estado, modificaron considerablemente la desague en el estuario, que al principio del siglo XX eran de 200 m³/s, para menos de 40 m³/s en los días actuales. Sin embargo, las modificaciones no cesan para allí, no es sólo agua que se obstruye, hay también la interrupción del flujo de sedimentos, qué carreta en el alteraciones sedimentológicas y geomorfológicas. Asociado a este proceso de presamento, el arranque en la década de 1990, de la actividad del carnicultura establecida de una manera indistinta, también carreteando alteraciones geomorfológicas y cambios en el cuadro ambiental. Las áreas ocupadas para el crecimiento de mangles y apicuns variaron de una manera considerable, además la llanura costera del área, de una manera general, presenta una tendencia a la erosión en el margen izquierdo de la desembocadura del río Jaguaribe y acumulación en el margen correcto.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
Capítulo 01	
Figura 01: Mapa de localização da área de pesquisa – foz do rio Jaguaribe/Ce.	21
Figura 02: Esboço geológico da foz do rio Jaguaribe/Ce.	23
Figura 03: Localização dos postos de coleta de dados. Em destaque os postos localizados na área de pesquisa.	27
Figura 04: Carta hipsométrica da grande bacia do rio Jaguaribe/Ceará.	29
Figura 05: Principais espécies de mangue que ocorrem no estado do Ceará e sua distribuição geral em relação ao gradiente de marés.	31
Capítulo 02	
Figura 06: Modelo sistêmico do funcionamento da paisagem.	36
Figura 07: Organograma da elaboração do mapa de evolução geomorfológica atual e análise ambiental da foz do rio Jaguaribe/Ceará.	45
Capítulo 03	
Figura 08: Localização, orientação, extensão e largura da zona costeira cearense.	50
Figura 09: Localização da Bacia Potiguar.	52
Capítulo 04	
Figura 10: Margem direita foz do rio Jaguaribe, extensa faixa de praia e pós-praia, delimitada em direção ao continente por duna frontal.	58
Figura 11: Flecha litorânea localizada na margem esquerda da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe.	59
Figura 12: Planície de deflação na margem direita da desembocadura fluvial do Jaguaribe/Ceará.	60
Figura 13: <i>Rebdou</i> visualizado na margem direita da foz do rio Jaguaribe.	61
Figura 14: Na figura A vê-se uma duna de precipitação no contato com o manguezal do rio Jaguaribe. A figura B apresenta <i>Sandsheets</i> recobrando dunas fixas mais antigas no campo de dunas localizados nas proximidades da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe.	62
Figura 15: Ocorrência de lagoas na planície de deflação, margem direita da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe.	63
Figura 16: Linha de falésias ativas nas proximidades do Pontal de Maceió, margem esquerda foz do rio Jaguaribe.	64
Figura 17: Pontal de Maceió, falésia ativa trabalhada em arenitos da Formação Tibau.	64
Figura 18: Planície flúvio-marinha ocupada por manguezal, na margem direita do rio Jaguaribe.	66
Figura 19: Gamboas e canais de marés, integrantes importantes do ecossistema manguezal, visualizados na Ilha Grande, margem direita da foz do rio Jaguaribe. A seta vermelha indica gamboas e a azul, canal de maré.	67
Figura 20: Vista aérea das ilhas flúvio-marinhas do Pinto e do Caldeireiro, desembocadura fluvial do Jaguaribe/Ceará.	68
Figura 21: Paredão fluvial trabalhado em sedimentos da Formação Barreiras, margem esquerda do rio Jaguaribe, município de Fortim.	69
Figura 22: Pedra do Chapéu, Formação Tibau trabalhada pelo rio Jaguaribe, em sua margem esquerda, município de Fortim.	70
Figura 23: Linha de paleofalésia trabalhada em sedimentos da Formação Barreiras, localidade de Maceió, Fortim – proximidades na margem esquerda da foz do rio Jaguaribe. À frente da paleofalésia evolui uma planície litorânea moderna.	70
Figura 24: Presença de seixos de quartzo, caracterizando as paleofalésias da	

localidade de Maceió, Fortim – proximidades da margem esquerda da foz do rio Jaguaribe.	71
Figura 25: Foto imagem: espacialização das feições naturais da área de pesquisa - foz do rio Jaguaribe/Ce.	72
Capítulo 05	
Figura 26: Fotografia aérea do DSG, datadas de 1968. A figura A com a coloração original e a B após tratamento de cores permitindo individualizar as unidades com mais facilidade e melhor exatidão.	76
Figura 27: Mapa de unidades geoambientais da foz do rio Jaguaribe/Ce (1968).	78
Figura 28: Imagens aéreas datadas de 1988, faixa 14 D (16, 17, 18), base para a elaboração do Mapa de Unidades do mesmo ano.	79
Figura 29: Mapa de unidades geoambientais da foz do rio Jaguaribe/Ce (1988).	80
Figura 30: Imagens de satélite do ano de 2004. A figura A foi capturada pelo satélite Quickbird, por apresentar grande riqueza de detalhes, foi imprescindível na delimitação das áreas de manguezais. A figura B é do satélite SPOT 5, permitiu uma visão geral da área.	82
Figura 31: Mapa de unidades geoambientais da foz do rio Jaguaribe/Ce (2007).	84
Capítulo 06	
Figura 32: Evolução da planície litorânea. Nota-se uma progradação na margem direita e na margem esquerda uma erosão sobretudo das flechas litorâneas.	93
Figura 33: Migração das dunas móveis sobre a planície flúvio-marinha do rio Jaguaribe, em sua margem direita, sufocando as áreas de manguezais e sobre as dunas fixas, recobrando-as.	96
Figura 34: Campo de dunas móveis na margem direita da foz do rio Jaguaribe migrando sobre a planície flúvio-marinha, sufocando as áreas de manguezais.	98
Figura 35: Evolução da planície flúvio-marinha ocupada por manguezais na foz do rio Jaguaribe. Destacam-se as áreas em que a vegetação de mangue sofreu expansão e redução.	99
Figura 36: Observa-se a presença de diferentes gerações de vegetação de mangue no estuário do rio Jaguaribe. A seta vermelha indica geração de mangue mais antiga, a seta amarela, geração mais jovem.	100
Figura 37: Manguezal na margem esquerda da foz do rio Jaguaribe sendo desestruturados pela ação das ondas.	101
Figura 38: Áreas de manguezal na margem direita da foz do rio Jaguaribe, comunidade do Cumbe, atualmente ocupada por viveiros de camarão.	101
Figura 39: Áreas de manguezal desmatadas para a implantação da atividade de carcinicultura na margem direita da foz do rio Jaguaribe, na comunidade do Cumbe.	103
Figura 40: Imagens dos açudes Castanhão e Óros. Ambos localizados na bacia do rio Jaguaribe em seu médio e alto curso, respectivamente, esses reservatórios correspondem aos de maiores dimensões do estado do Ceará.	105
Figura 41: Evolução das ilhas fluviais do Pinto e do Caldeireiro, município de Fortim, na planície flúvio-marinha do rio Jaguaribe.	106
Figura 42: Vegetação de mangue se desenvolvendo sob entulhos na ilha do Pinto, município de Fortim, planície flúvio-marinha do rio Jaguaribe.	107
Figuras 43: Mapa de evolução geomorfológica atual e análise ambiental da foz do rio Jaguaribe, Ceará.	109

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Capítulo 01	
Gráfico 01: Variação Pluviométrica entre os anos de 1962 e 1985 para os postos dos Municípios de Aracati e Fortim.	25
Gráfico 02: Variação Pluviométrica mensal, entre os anos de 1962 e 1985 para os postos dos Municípios de Aracati e Fortim.	25
Capítulo 05	
Gráfico 03: Evolução da planície litorânea na margem direita da foz do rio Jaguaribe, indicando a área ocupada por faixas de praia, flechas litorâneas e dunas móveis.	85
Gráfico 04: Evolução da planície litorânea posicionada na margem esquerda da foz do rio Jaguaribe.	86
Gráfico 05: Evolução das dunas fixas.	86
Gráfico 06: Evolução das áreas de manguezais.	87
Gráfico 07: Evolução das áreas da planície flúvio-marinha ocupadas por salgado e apicuns.	88
Gráfico 08: Evolução das áreas da planície flúvio-marinha ocupadas por salgado e apicuns.	88

LISTA DE QUADROS E TABELAS

	Pág.
Capítulo 01	
Tabela 01: Dados do balanço hídrico e índice de aridez da área de estudo, postos Aracati e Fortim.	27
Capítulo 05	
Tabela 02: Unidades e subunidades geoambientais da desembocadura fluvial do Jaguaribe que sofreram alterações entre os anos de 1968 – 1988 – 2004. Apresentam-se em porcentagem (%) os valores dessas variações.	89
Capítulo 06	
Quadro 01: Quadro de ocorrência de secas entre a década de 1960 e 1990 no Estado do Ceará.	95

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COGERH – Companhia e Gestão dos Recursos Hídricos
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNOCS – Departamento Nacional de Obras contra as Secas
ENG – Encontro Nacional de Geógrafos
FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS – *Sistema de Posicionamento Global*
HRV – *High Resolution Visible*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDACE – Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará
INCRA – Instituto de Recursos Agrários
INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais
IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará
LABOMAR – Instituto de Ciências do Mar
LAGECO – Laboratório de Geomorfologia Ambiental Costeira e Continental
PCD – Plataforma de Coleta de Dados
PET – Programa de Educação Tutorial
PDSFN – Programa de Desenvolvimento do Sistema Fundiário Nacional
SAD 69 – *South America Datum 1969*
SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará
SBGFA – Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada
SIG – Sistema de Informação de Geográfica
SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia
UECE – Universidade Estadual do Ceará
UFC – Universidade Federal do Ceará
UNEP – Programa Ambiental das Nações Unidas
UTM – Universal Transverso de Mercator
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE QUADROS E TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

INTRODUÇÃO	15
1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA	20
1.1. Localização e acesso	20
1.2. Condicionantes geoambientais da área	20
1.2.1. Condições geológicas e geomorfológicas	22
1.2.2. Contexto hidroclimático	24
1.2.3. Características pedológicas e recobrimento vegetal	30
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	35
2.1. Procedimentos técnicos	38
2.1.1. Levantamento bibliográfico e cartográfico	38
2.1.2. Levantamento de campo	39
2.1.3. Manipulação das bases cartográficas	40
3. ASPECTOS MORFOEVOLUTIVOS DA MARGEM CONTINENTAL DO ESTADO DO CEARÁ	47
3.1. Gênese e caracterização da zona costeira cearense	47
3.2. Formação da Bacia Potiguar	51
3.3. Evolução do médio e baixo curso do rio Jaguaribe	52
4. COMPARTIMENTAÇÃO DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS NA ÁREA DE PESQUISA	57
4.1. Planície litorânea	57
4.2. Ambiente estuarino	65
4.3. Tabuleiros costeiros	68

	74
5. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA FOZ DO RIO JAGUARIBE	
5.1. Interpretação das Imagens	75
5.1.1. Fotografia aérea de 1968	75
5.1.2. Fotografia aérea de 1988	77
5.1.3. Imagens de Satélite de 2004	81
5.2. Interpretação dos Produtos Cartográficos	83
5.2.1. Planície litorânea	85
5.2.1.1. Faixa de praia	85
5.2.1.2. Dunas fixas	86
5.2.2. Planície flúvio-marinha	87
6. A FOZ DO RIO JAGUARIBE NOS ÚLTIMOS 40 ANOS	91
6.1. Agentes responsáveis pelas alterações ambientais	93
6.1.1. Planície litorânea	93
6.1.2. Planície flúvio-marinha	98
7. A FOZ DO RIO JAGUARIBE: CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

Introdução

INTRODUÇÃO

A importância dada aos recursos hídricos é notada há muito tempo pela humanidade, tanto em função da ocupação social de suas margens, como através da pesca, do transporte e do equilíbrio no ambiente que os rios produzem. Nos últimos três séculos, porém, as atividades humanas têm aumentado a sua influência sobre as bacias de drenagem, bem como sobre os seus canais fluviais constituintes (GUERRA & CUNHA, 1994).

No caso cearense, a configuração da rede hidrográfica foi muito importante no processo de ocupação e povoamento do Estado, sendo o Rio Jaguaribe, o maior rio do Estado, por sua extensão e importância, o que maior papel desempenhou. Girão (1994) escreve que a ocupação da Capitania do Ceará se deu a partir do litoral para o interior, sendo o vale do Jaguaribe, a porta de entrada de sesmeiros que vinham do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco à procura de pastagens naturais e águas, e a área de penetração mais importante. As margens do rio Jaguaribe foram, então, sendo ocupadas por currais de gado, surgindo os primeiros sítios e fazendas que, posteriormente, deram origem aos primeiros municípios do baixo Jaguaribe (CAVALCANTE, 2001).

O Estado do Ceará, localizado na região nordeste do Brasil, apresenta-se drenado por diversos cursos d'água. São onze regiões hidrográficas, divididas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos de 1992, como unidade de planejamento, a saber: Acaraú, Aracatiaçu, Curu, Coreaú, Bacias Metropolitanas, Banabuiú, Baixo Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Alto Jaguaribe, Poti e Salgado (COGERH, 2002).

Uma bacia hidrográfica apresenta características geoambientais específicas, formando uma unidade natural indissociável. É um sistema complexo, dado o número de elementos e variáveis envolvidas, no qual a relação mútua entre componentes estruturais possibilita a análise integrada do seu meio ambiente, permitindo uma apurada avaliação dos aspectos físicos, econômicos e sociais (NASCIMENTO, 2003). Integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas, em qualquer segmento dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos à jusante e nos fluxos energético de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvida) (CUNHA & GUERRA, 1998).

Os rios são sistemas naturais de água doce, com canais definidos e fluxo permanente ou sazonal em direção a um oceano, lago ou outro rio. O regime hidrológico dos cursos d'água do Estado do Ceará, condicionado, principalmente, pela irregularidade das chuvas e pelas condições geológicas das áreas onde se situam as diversas bacias hidrográficas em sua configuração natural, com domínio de rochas cristalinas, é do tipo intermitente (IPLANCE, 1997).

A açudagem como solução para os problemas de deficiência hídrica no Ceará, sempre se apresentou como uma das mais utilizadas. Por um lado, possui papel fundamental no controle de cheias, especialmente no baixo Jaguaribe, onde a situação já foi bem crítica em termos de inundação, bem como no abastecimento de cidades e, conseqüentemente, na luta contra a seca. Por outro, a falta do planejamento ambiental diante de tal intervenção intensifica, ainda mais, os danos ambientais, principalmente quando a situação de equilíbrio torna-se comprometida (CAVALCANTE, 2001).

Mais recentemente, o uso e ocupação nas regiões estuarinas tiveram um grande aumento devido à sua importância econômica para a população litorânea. Em vários países com clima tropical, as atividades de carcinicultura e crescimento urbano aparecem como fatores antrópicos mais relevantes para a modificação dos processos naturais envolvidos na evolução dos manguezais. Entretanto, fenômenos naturais também estão envolvidos, tais como a migração de dunas e de barras litorâneas em curto prazo, a flutuação relativa do nível do mar ou as modificações climáticas em longo prazo. Estes fatores atuando de forma individual ou em conjunto, podem alterar de forma significativa os ecossistemas costeiros (MONTEIRO, 2005).

Pesquisas acerca dos impactos de obras de engenharia (BORBOLETO, 2001; MENESCAL *et al*, 2001; ANDRADE, 2002; MARINS *et al*, 2003; LACERDA, 2003, entre outros) em cursos fluviais, apontam para desequilíbrios na dinâmica natural. Cunha e Guerra (1998) apontam que o comportamento da descarga e da carga sólida dos rios tem se modificado pela participação antrópica diretamente nos canais, através de obras de engenharia e, indiretamente, através das atividades humanas desenvolvidas nas bacias hidrográficas.

Na década de 1960, a atuação humana ao longo do curso fluvial do rio Jaguaribe se manifestava de maneira ainda regular, sem grandes obras de engenharia. Na década de 1980, dois terços do curso do rio já se encontravam

perenizados, pela ação dos açudes Óros e Banabuiú. No ano de 2004, o rio encontra-se completamente controlado pelo açude Castanhão, o maior reservatório de água do Estado, além da prática da carcinicultura ao longo do estuário.

O açude Óros está localizado no município homônimo, na sub-bacia do alto Jaguaribe. Sua construção foi iniciada em 1958 e finalizada quatro anos depois (1962). Apresenta capacidade para acumular 1,94 bilhões de m³, sendo sua vazão regularizada de 20,40 m³/s. O açude Padre Cícero – o “Castanhão” –, foi construído pelo Governo Federal, através do DNOCS, em parceria com o Governo do Estado do Ceará. Tem capacidade para acumular 6,7 bilhões de m³ de água e se propõe a aumentar a vazão regularizada do Rio Jaguaribe de 22 para 57 m³/s (COGERH, 2003).

O objetivo geral do presente trabalho é, portanto, traçar a evolução geomorfológica atual e analisar o quadro ambiental da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe, o recurso hídrico de maior abrangência e importância no Estado do Ceará, a partir da verificação dos desequilíbrios causados por essas alterações: barragens e carcinicultura, sobretudo no baixo curso e na desembocadura do rio Jaguaribe. Como objetivos específicos podem ser apontados:

- ✓ Identificar e mapear as principais unidades de paisagem da foz do rio Jaguaribe para cada período temporal proposto, representando-as cartograficamente;
- ✓ Efetuar o cruzamento de informações destas unidades, a fim de identificar as alterações ocorridas no período de análise;
- ✓ Analisar as modificações de forma integrada, visando conhecer as principais alterações sócio-ambientais, definindo os agentes responsáveis por tais modificações.

A pesquisa utiliza o sensoriamento remoto como técnica, que representa recurso capaz de fornecer informações acerca da superfície da terra obtidas à distância. Esta técnica vem revolucionando o mundo acadêmico e científico, e apresentou resultados satisfatórios em trabalhos semelhantes, a saber: Lima, 2004; Kampel & Amaral, 2004; Monteiro, 2005; Kampel *et al*, 2005, dentre outros.

Analisou-se a área de pesquisa através da interpretação de fotografias aéreas na escala de 1:70.000 do ano de 1968 e na escala de 1:32.500 do ano de 1988, além de imagens do satélite SPOT 5 e *Quickbird* II do ano de 2004. São trinta e seis anos em análise direta. Os procedimentos de tratamento e interpretações das

bases cartográficas foram executados nos *softwares Microstation SE* e o *Image Analyst*.

A presente pesquisa apoiou-se em trabalhos desenvolvidos anteriormente na área, a citar Maia (1993), Oliveira (1995), Morais (1995), Cavalcante (2001), Elias *et al* (2002), Maia (2005), Pinheiro *et al* (2006), LABOMAR (2006), dentre outros, e estrutura-se da seguinte maneira:

No capítulo 1 tem-se a localização e caracterização geral da área estudada, onde se inclui considerações em relação aos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidroclimáticos e no tocante às formações vegetais. O capítulo 2 apresenta os passos da pesquisa, as estratégias adotadas, o material, bem como os procedimentos utilizados na elaboração da dissertação.

Pensando nos aspectos morfoevolutivos da margem continental do estado do Ceará, no capítulo 3 aponta-se a gênese da zona costeira cearense, além da caracterização geomorfológica do setor leste, vinculadas à formação da bacia sedimentar Potiguar e do médio e baixo curso do Rio Jaguaribe. Entendida esta realidade mais ampla, ou seja, a zona costeira do estado do Ceará, com cerca de 573 km de extensão entre os estados do Rio Grande do Norte e Piauí. O capítulo 4 apresenta a compartimentação das unidades geoambientais da área de pesquisa.

O capítulo 5 trata das análises espaço-temporais efetuadas sobre as fotografias aéreas e imagens de satélite para a caracterização da foz do rio Jaguaribe. São mostrados os elementos das análises de cada período que subsidiaram a identificação das unidades geoambientais apresentadas anteriormente. Apresentam-se os mapas de unidades de cada período, além da evolução destas unidades, proporcionadas através do cruzamento dos produtos cartográficos. No capítulo 6, são discutidos os processos que podem ter direcionado esta evolução, sendo divididos em dois grupos: os agentes naturais e os agentes sociais. Apresenta-se ainda, o mapa de evolução geomorfológica atual da foz do rio Jaguaribe.

No último capítulo (capítulo 7), as considerações finais contêm comentários em relação ao futuro desta desembocadura fluvial e encerram este trabalho, que não tem a pretensão de esgotar as discussões acerca do tema. Em seguida, apresentamos as referências bibliográficas, que contêm todos os trabalhos que nos auxiliaram na elaboração desse documento.

Capítulo 01

1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

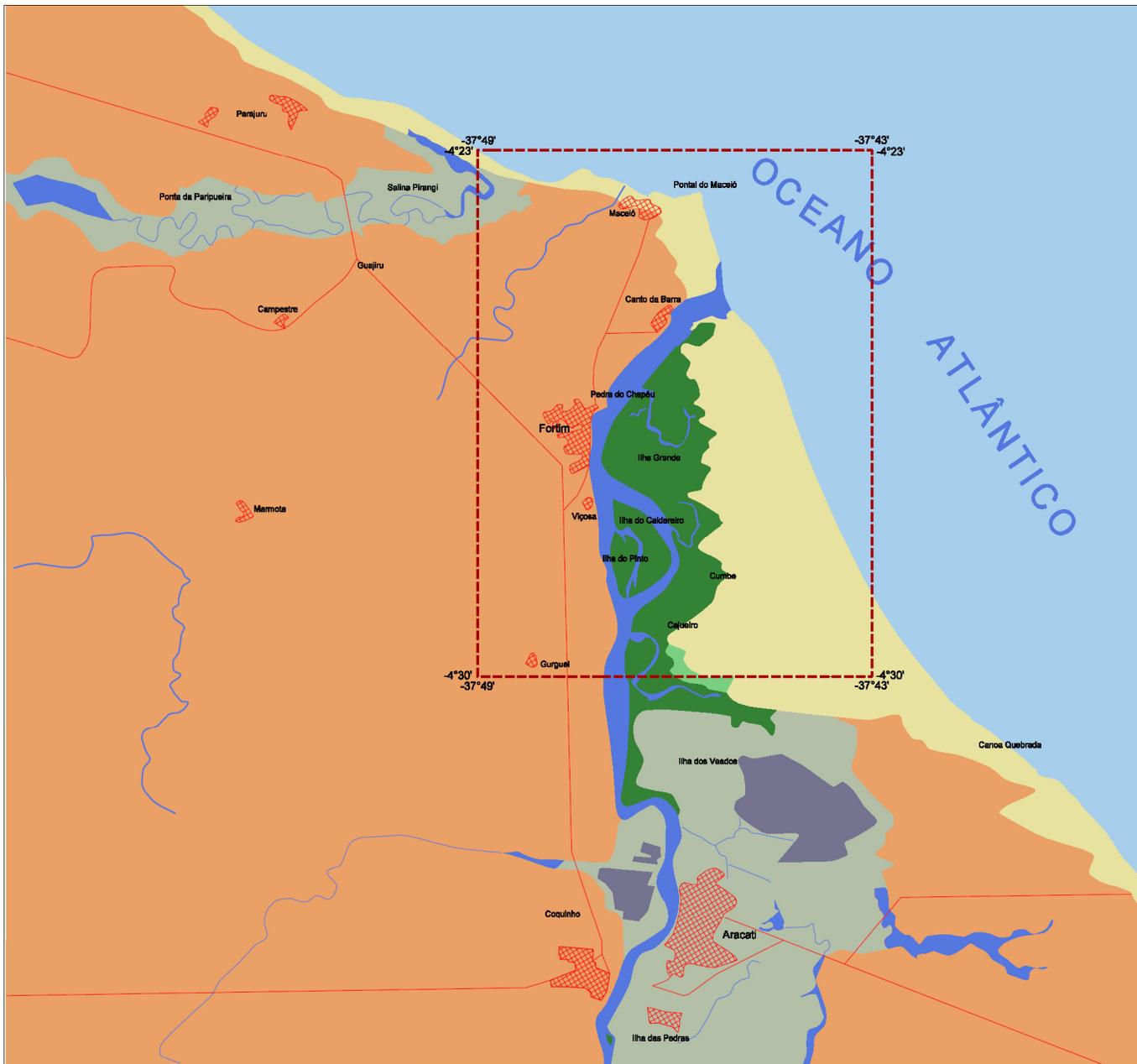
Situada no setor leste do litoral do Estado do Ceará, mais precisamente a sudeste de Fortaleza, a foz do rio Jaguaribe corresponde à desembocadura do recurso hídrico mais importante do Estado. A bacia do rio homônimo ocupa aproximadamente 48% do território estadual, apresentando cerca de 74.000 km² de área e uma extensão de 610 km, desde a Serra da Joanhina, no município de Tauá, onde se encontram as nascentes (sudoeste do Estado), até o município de Fortim (a norte), onde deságua no oceano Atlântico (RADAM BRASIL, 1981).

Por se tratar de uma pesquisa que enfoca a evolução de um elemento natural - a foz do rio -, o perímetro não obedece necessariamente à divisão política municipal. Trata-se de um recorte geomorfológico de aproximadamente 100 km², estando seus vértices localizados entre as latitudes 4°23' e 4°30' sul e longitudes 37°49' e 37°43' oeste (figura 01).

O acesso à área é efetuado pela rodovia estadual CE-040, também conhecida como Via Litorânea, até o quilômetro de número 110, acesso ao município de Fortim. A partir de então, se prossegue, em via secundária, até o distrito de Maceió. Alternativa de acesso ocorre através da CE-040 até o município de Aracati e, em seguida, através de via secundária pela praia de Canoa Quebrada. Grosso modo, os limites oeste e leste são, respectivamente, os distritos de pontal de Maceió, município de Fortim e Canoa Quebrada, distrito de Aracati. O limite norte é o Oceano Atlântico e sul a sede do município de Aracati.

1.2. CONDICIONANTES GEOAMBIENTAIS DA ÁREA

A análise geoambiental tem como finalidade caracterizar os sistemas físico-sociais de uma dada área. Esta caracterização é fundamental para a compreensão dos diferentes componentes ambientais e das suas inter-relações.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
MESTRADO EM GEOGRAFIA



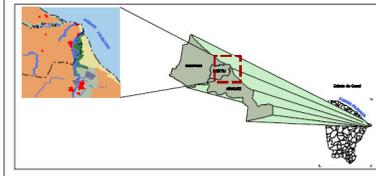
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR

Evolução Geomorfológica Atual e Análise Ambiental da Foz do Rio Jaguaribe/Ceará

Marie da Lourdes Carvelho Neto
Profª. Drª. Vanda Claudino - Sales (Orientadora)

FIGURA D1:
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA - FOZ DO RIO JAGUARIBE/CEARÁ

Localização de Área de Pesquisa, Foz do Rio Jaguaribe, Municípios de Fortim e Aracati (Ceará)



LEGENDA

- Faixa de praias, flechas litorâneas e dunas móveis
- Planície fluvial
- Planície fluvial ocupada por crotonicultura
- Dunas Fixas
- Planície flúvio-marinha ocupada por manguezal
- Oceano Atlântico
- Recursos Hídricos (rios, riachos, lagoas)
- Tabuleiros Costeiros
- Delimitação da Área de Pesquisa

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Via Pavimentada
- Via não Pavimentada
- Limite Municipal (IBGE)
- Rios e riachos
- Açude, lago ou lagoas
- Núcleos Urbanos

Declinação Magnética em 2007
Convergência Meridiana no Centro de Foz de



A Declinação Magnética
Cerca 4°02' (Aracati)

Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Geodésico Brasileiro: SAD-68
Escala: 1:100.000



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Imagem de satélite SPOT (baseada em 2001)

Mapa de Geoprocessamento: CARIACO (2002)

COORDENAÇÃO TÉCNICA:

Marie da Lourdes Carvelho Neto

É definida de acordo com as características geológicas e geomorfológicas, das condições climáticas e hidrográficas, tipos de solos e de formações vegetacionais, além das potencialidades naturais e limites de uso.

Nesse sentido, apresentam-se as características geoambientais e, posteriormente (capítulo 05), será mostrada a compartimentação das unidades geoambientais existentes na área de pesquisa.

1.2.1. Condições Geológicas e Geomorfológicas

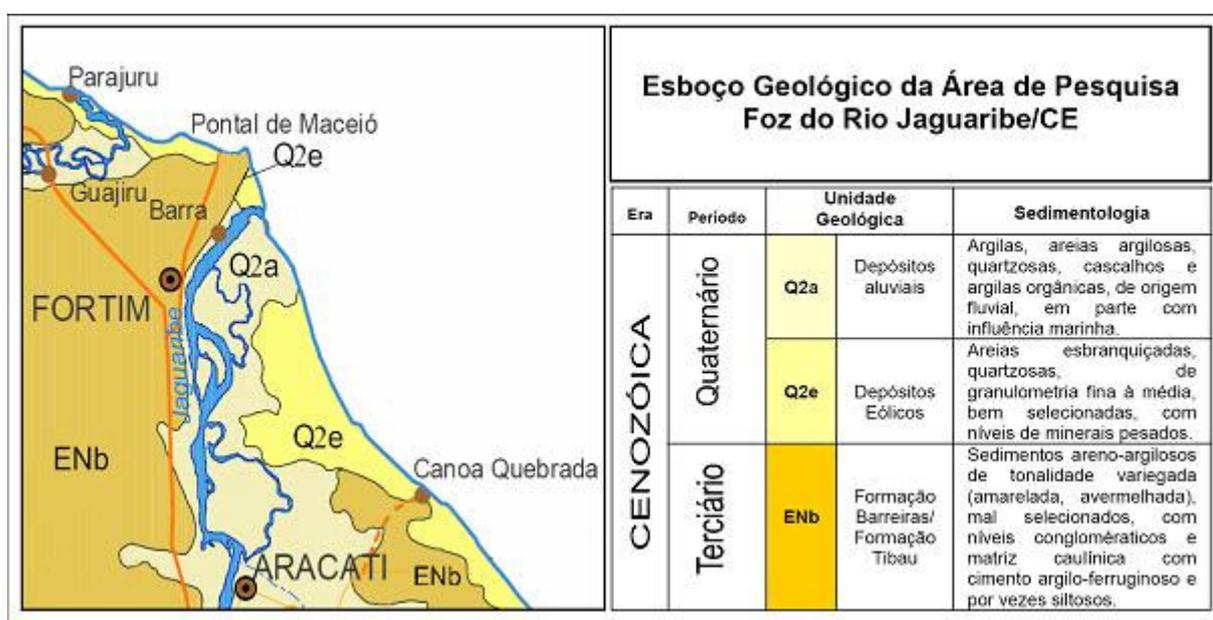
No âmbito regional, nosso recorte de estudo integra a margem continental passiva transformante do Nordeste do Brasil (MATOS, 2000; CLAUDINO SALES, 2002; PEULVAST E CLAUDINO SALES, 2006), em seu setor setentrional. Na área têm-se a presença de três unidades morfoestruturais, sendo elas, em ordem decrescente de importância em termos espaciais: o domínio litorâneo e costeiro, o domínio das superfícies de aplainamento e o domínio dos platôs sedimentares.

O domínio litorâneo e costeiro é formado por depósitos sedimentares cenozóicos que sustentam os relevos mais recentes (morfologias submersas da plataforma continental, estuários, falésias, pontas litorâneas, campos de dunas, flechas litorâneas, lagoas interdunares, tabuleiros costeiros modelados na Formação Tércio-quadernária Barreiras). No caso particular tratamos do estuário do rio Jaguaribe e das formas litorâneas e costeiras adjacentes que delimitam a área de estudo. O domínio das superfícies aplainadas é representado por pedimentos pré-quadernários modelados em rochas pré-cambrianas. No setor de estudo e nas áreas adjacentes, ocorrem superfícies de aplainamentos cretáceas e terciárias, limitando a área ao sul. O domínio dos platôs sedimentares é representado por bacias sedimentares formadas por rochas paleo-mesozóicas e capeadas por cuesta e/ou chapada. No setor em tela, tem-se a bacia sedimentar/chapada do Apodi, mesozóica, delimitando o setor de estudos a leste.

Tratando da área ocupada pela bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, tem-se a maior parte da drenagem no alto curso talhada em rochas pré-cambrianas, caracterizadas por relevo relativamente acidentado e por formações superficiais

pedológicas representadas por solos rasos e pouco permeáveis. No médio curso, o Jaguaribe disseca rochas pré-cambrianas a oeste e as formações cretáceas da Bacia Potiguar a leste. No baixo curso, o rio escoa sobre depósitos sedimentares cenozóicos da Formação Barreiras.

Na área de pesquisa, a geologia está representada, basicamente, pelos sedimentos Tércio-quadernários da Formação Barreiras e manchas isoladas da Formação Tibau (de idade e litologia coincidente à Formação Barreiras), e pelas areias holocênicas dos aluviões, faixas de praia e campos de dunas (figura 02). Nas adjacências da foz do rio encontram-se ainda as rochas sedimentares cretáceas do Grupo Apodi e o embasamento cristalino relativo ao pré-cambriano.



Fonte: Adaptado de CPRM, 2003.

Figura 02: Esboço geológico da área de pesquisa, foz do rio Jaguaribe/CE.

Cronologicamente, as unidades lito-estratigráficas presentes na área, encontram-se posicionadas desde o *Plioceno* (período Terciário: Formação Barreiras e Tibau) até o *Holoceno* (período Quaternário: os depósitos eólicos e litorâneos, e os depósitos aluvionares).

Tratando da litologia, - os dados são baseados em RADAM BRASIL (1981); IPLANCE (1997) e CPRM (2003) - a Formação Barreiras é constituído por sedimentos areno-argilosos, pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada. Sua granulação varia entre fina e média, contendo intercalações de níveis conglomeráticos.

A Formação Tibau repousa diretamente sobre a Formação Jandaíra na bacia Potiguar, aflorando como paredão fluvial na margem esquerda do baixo curso do Jaguaribe próximo a cidade de Fortim, e, ainda, na localidade de Maceió, na forma de falésias ativas, constituindo a formação geológica do Pontal. Litologicamente compreende arenitos médios a conglomeráticos, com tons variando do verde amarelado a creme, mal selecionados, duros e friáveis, contendo quartzo e feldspato (CASTELO BRANCO, 1996).

Os depósitos da planície litorânea representam unidade constituída por sedimentos inconsolidados que formam as faixas de praias, flechas litorâneas e acumulações dunares que se distribuem continuamente e de forma paralela à linha de costa. Os sedimentos desta unidade são representados por areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, bem selecionadas, composta por grãos de quartzo.

Os depósitos aluviais são formados por sedimentos de origem fluvial, influenciados pela ação marinha, de períodos recentes, representados, principalmente, por argilas, areias e cascalhos.

1.2.2. Contexto Hidroclimático

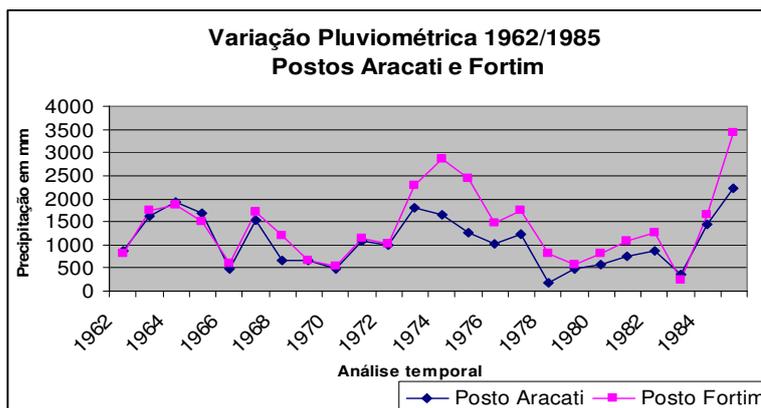
O clima regional é semi-árido, apresentando irregularidades pluviométricas temporo-espacial. O regime pluviométrico da região é do tipo tropical com estação de chuvas concentradas em cinco meses consecutivos. No litoral ocorrem chuvas mais abundantes que ultrapassam anualmente 900 a 1000 mm. Para o interior, há um decréscimo sensível das chuvas e os valores ficam abaixo de 700 mm anuais (SOUZA, 2002).

Geralmente a estação chuvosa tem início no mês de janeiro, com máximas ocorrendo no mês de março. O trimestre mais chuvoso é o de fevereiro/abril, correspondendo a 59,2% da totalidade. No semestre de janeiro a junho este índice supera 93%, enquanto que no segundo semestre, verifica-se uma queda progressiva das precipitações (MAIA, 1993).

A concentração das chuvas no estado do Ceará sofre a influência direta da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, principal sistema atmosférico

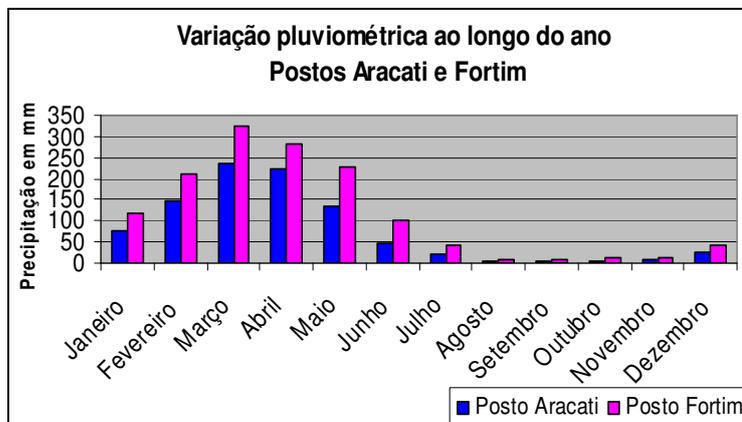
causador da precipitação. A ZCIT se forma na confluência dos ventos alísios de NE e SE, onde ocorre a ascendência do ar, formação de nebulosidade e muita chuva. Tal zona se localiza próxima à linha do Equador e, no transcorrer do ano, migra para os hemisférios Norte e Sul, atingindo sua posição mais meridional no verão/outono, quando ocorrem as maiores chuvas no Estado, período chamado popularmente de inverno (ZANELLA, 2005).

Fazendo uma análise do comportamento das precipitações na área de pesquisa para o período de 1962 a 1985 (BRASIL, 1990), apresentam-se as variações anuais para os postos Aracati e Fortim (gráfico 01). Tem-se a média anual em torno de 1.238 mm. Analisando essa variação no decorrer de cada ano, para o mesmo período, observamos a existência de uma quadra úmida, situada entre os meses de janeiro a julho. Nessa quadra chuvosa, ocorrem quase 93% das chuvas de cada ano (gráfico 02).



Fonte: BRASIL, 1990.

Gráfico 01: Variação Pluviométrica entre os anos de 1962 e 1985 para os postos dos Municípios de Aracati e Fortim.



Fonte: BRASIL, 1990.

Gráfico 02: Variação Pluviométrica mensal, entre os anos de 1962 e 1985 para os postos dos Municípios de Aracati e Fortim.

O regime térmico da região é caracterizado, basicamente, por temperaturas elevadas e amplitudes térmicas reduzidas. A temperatura média anual é de 26 °C, com variações não ultrapassando 5 °C (MAIA, 1998). A pouca variação das temperaturas deve-se ao caráter tropical da região e a sua proximidade da linha do Equador.

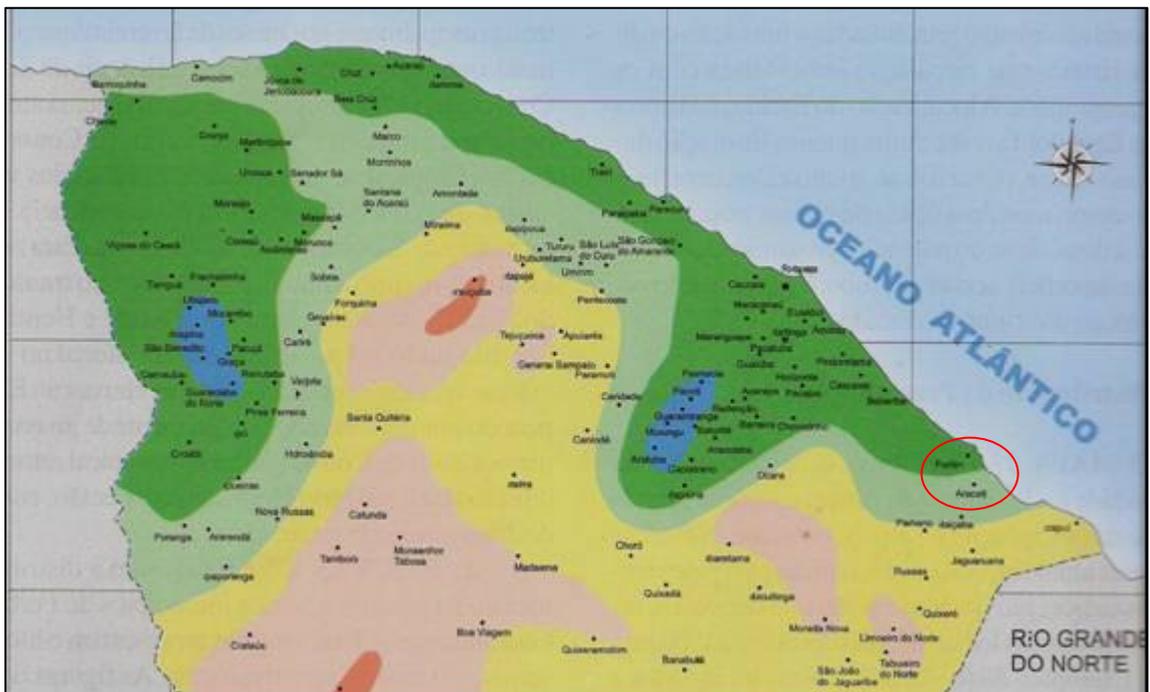
O regime eólico no litoral do estado é controlado basicamente pelos alísios, os quais atingem a costa, provindos do quadrante E. No primeiro semestre do ano, predominam os alísios de NE, no segundo semestre, há um domínio dos alísios de SE, eles sopram a velocidades que podem variar entre 4 m/s (alísios de NE sobretudo) e 7m/s, respectivamente (MAIA, 1998). Os alísios de SE, mais intensos que os de NE, têm também menor umidade e são, assim, os mais importantes para a geomorfologia costeira do Ceará, pois mobilizam uma maior quantidade de sedimentos durante o período em que predominam, orientando a direção de migração das dunas (PINHEIRO e SALES, 2007).

No Estado do Ceará, os ventos se apresentam enquanto um dos elementos climáticos mais importantes. Têm velocidades médias de 5,5 m/s, dominando os alísios de SE, E e NE (CLAUDINO SALES, 2002). Estes são naturalmente impulsionadores de sedimentos para edificação de dunas, utilizando estoques sedimentares das zonas de estirâncio, de berma e das praias.

Pinheiro e Sales (2007) propuseram um perfil climatológico para o litoral cearense a partir do método de balanço hídrico de Thornthwaite & Mather, o qual é fundamentado na constatação empírica do ciclo hidrológico. A idéia original do método compara a quantidade de água recebida pelo ambiente através das chuvas com a quantidade perdida pela evapotranspiração. O sistema de Thornthwaite é aplicado a partir de variáveis facilmente disponíveis, tais como: temperatura, precipitação pluviométrica, graus de latitude e tempo/hora de luz solar (Nimer e Brandão, 1985).

O índice de aridez, calculado através do quociente da média anual de precipitação em relação ao potencial anual de evapotranspiração (TSOAR e ARENS, 2003) para o litoral cearense de maneira geral, apresentou característica de climas úmidos, com índice médio de 0.70. Dos vinte e quatro postos espalhados ao longo do litoral cearense, apenas nove possuem índice igual ou inferior a 0.65 (PINHEIRO e SALES, 2007), intervalo que define terras secas (TSOAR e ARENS, 2003).

Levando em consideração os dois postos existentes na área estudada - Aracati e Fortim (Figura 03), verifica-se que o de Fortim, mais próximo do litoral, indicou índice de aridez igual a 0.80, enquanto Aracati apresenta o valor de 0.54 (Tabela 01). Dessa forma, percebe-se a influência do mar no controle climático, que determina a existência de área úmida nas suas proximidades, e a existência de área seca no interior do Estado, a apenas 8 km (distância aproximada de um posto a outro).



Fonte: Adaptado de IPLANCE (1989).

Figura 03: Localização dos postos de coleta de dados. Em destaque a localização dos postos na área de pesquisa.

BALANÇO HÍDRICO E ÍNDICE DE ARIDEZ						
Posto/ Município	Precipitação (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	P/PET
Fortim/ Fortim	1396.3	1727	1020	376	707	0.80
Aracati/ Aracati	933.9	1725	848	86	877	0.54

Legenda:

Evapotranspiração potencial (ETP)

Evapotranspiração real (ETR)

Excedente hídrico (EXC)

Déficit hídrico (DEF)

Índice de Aridez (P/PET)

Fonte: PINHEIRO e SALES, 2007.

Tabela 01: Dados do balanço hídrico e índice de aridez da área de estudo, postos Aracati e Fortim.

Do ponto de vista da dinâmica litorânea, tem-se que as ondas têm direção dominante E/SE, com altura média significativa de 1,1 m. Dominam as ondas tipo “sea”, formadas no local, com ocorrências, sobretudo entre dezembro e março das ondas do tipo “swell”, formadas no hemisfério Norte (MAIA, 1998). As ondas, associadas às variações de marés, são responsáveis pela escultura das formas litorâneas, notadamente das falésias, ambientes em processo natural de recuo pela erosão (MORAIS, 1996).

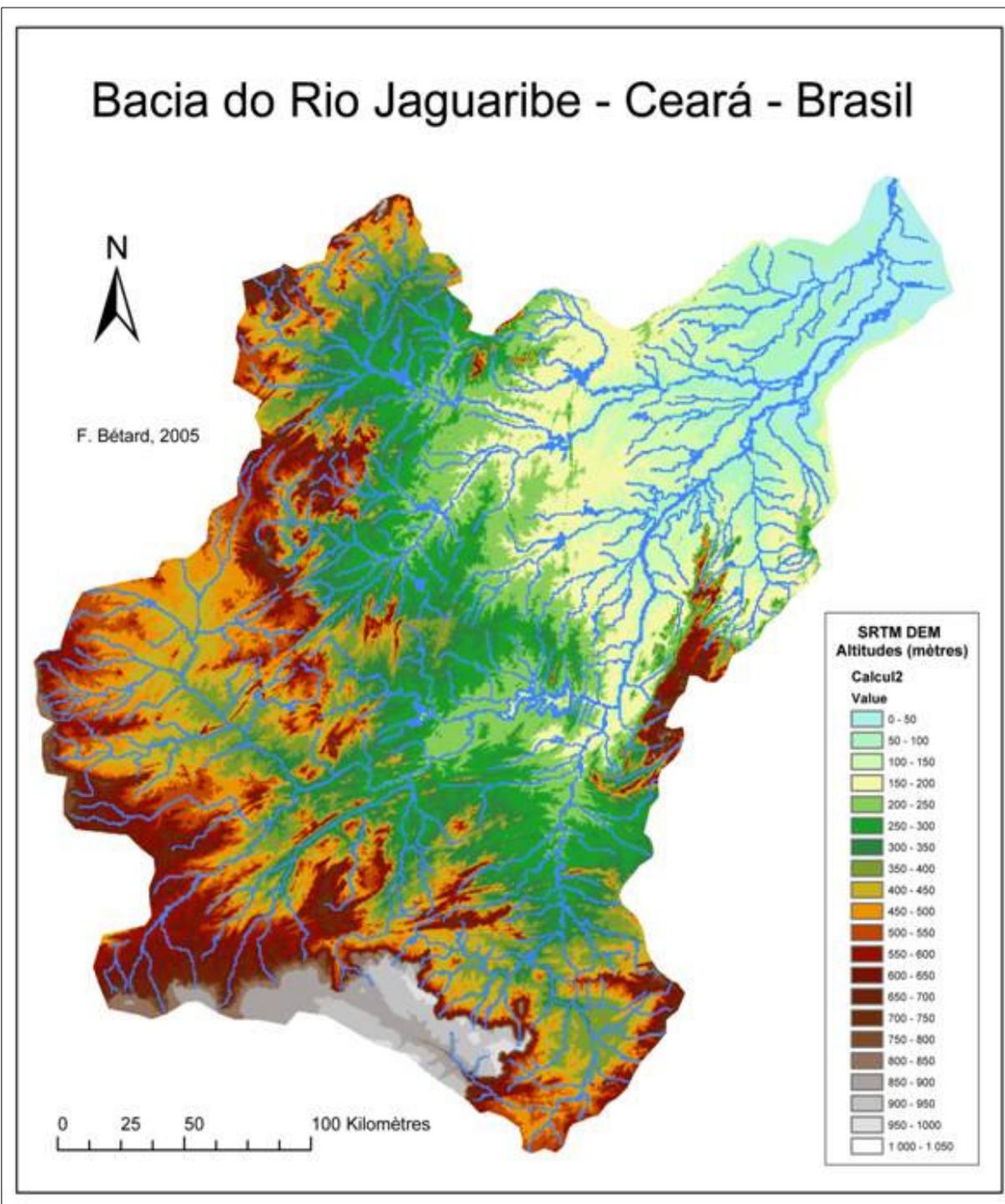
As correntes de deriva litorânea são responsáveis pela manutenção do equilíbrio dinâmico das praias, como verdadeiros rios de areia que se locomovem suavemente na zona litorânea. A corrente longitudinal ou deriva litorânea, possui velocidade média da ordem de 0,5 m/s e realiza um transporte dominante de leste em direção a oeste (MAIA, 1998). O regime de marés é mesotidal, ou seja, com marés altas não muito elevadas. As marés são semidiurnas, isto é, duas marés altas por dia, com amplitude de marés da ordem de 3,7m e média de marés altas de 2,7m (e.g. MAIA, 1998).

Tratando da hidrografia, tem-se que a grande bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe (figura 04), reúne cinco das onze bacias do Ceará. São elas a bacia do Alto Jaguaribe com cerca de 24.538 km², a do Banabuiú com 19.810 km² de área, a do Salgado com 12.216 km², a do Médio Jaguaribe com 10.509 km² e a do Baixo Jaguaribe com aproximadamente 12.216 km² de área (COGERH, 2003).

Tratando da classificação geométrica dos padrões de drenagem, o rio Jaguaribe é predominantemente dendrítico ou arborescente, isto é, apresenta desenvolvimento semelhante à configuração de ramos de uma árvore. No entanto, podem ser encontrados também os padrões paralelos (fluxos d’água fluindo quase paralelamente uns aos outros) e retangulares (caracterizados pelo reticulado ortogonal), dentre outros (IPLANCE, 1997).

Como principais afluentes destacam-se os rios Banabuiú, Palhano e Riacho do Sangue na margem esquerda. Na margem direita, os principais são os rios Salgado e Cariús; todos os demais são de pequena a média extensão (GATTO, 1999).

Bacia do Rio Jaguaribe - Ceará - Brasil



Fonte: Bétard, 2005.

Figura 04: Carta hipsométrica da grande bacia do rio Jaguaribe/Ceará.

1.2.3. Características Pedológicas e Recobrimento Vegetal

Com relação aos solos do Estado do Ceará, a distribuição está estreitamente relacionada com a compartimentação geomorfológica. Tratando da cobertura vegetal do estado percebe-se que, igualmente aos solos, ela apresenta-se bastante degradada e em grande parte destituídas das condições originais.

Vale ressaltar que o quadro pedológico apresentado a seguir, se baseia na compartimentação apresentada por Souza (2000) e Pereira & Silva (2005). As classes de solos estão de acordo com o estabelecido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, publicado pela EMBRAPA (1999).

Na área, de acordo com a compartimentação geomorfológica, têm-se na planície litorânea, os neossolos quartzarênicos. São solos muito profundos, excessivamente drenados, ácidos e com fertilidade natural muito baixa. Seu uso limita-se pela acidez excessiva, a susceptibilidade à erosão e a baixa retenção de umidade, estando associados às feições de praia, campos de dunas móveis, campo de dunas fixas e paleodunas e à planície flúvio-marinha.

Os glaciés de deposição costeiros e inferiores, ou seja, os tabuleiros costeiros arenosos e areno-argilosos estão associados, respectivamente, aos neossolos quartzênicos e aos argissolos vermelho-amarelos distróficos e latossolos amarelos distróficos. Os argissolos vermelho-amarelos são solos variando de rasos a profundo. Apresentam textura média ou argilosa, moderadamente ou imperfeitamente drenados, com fertilidade natural de média a baixa. Os latossolos são solos muito profundos, bem drenados, apresentam textura arenosa ou areno-argilosa, com fertilidade natural variando de média a baixa (PEREIRA e SILVA, 2005).

A planície fluvial é representada pela planície aluvial do baixo curso do rio Jaguaribe, onde se apresenta associação de neossolos flúvicos, planossolos e vertissolos. Os neossolos flúvicos são solos profundos, mal drenados, muito ácidos, textura indiscriminada e fertilidade natural muito baixa (PEREIRA E SILVA, 2005). Suas limitações de uso vinculam-se ao excesso de água, à salinização, à drenagem imperfeita e às inundações. Os planossolos são rasos a moderadamente profundos, mal drenados, com textura também indiscriminada e fertilidade natural média à baixa com problema de sais. Já os vertissolos são solos rasos, mal drenados, textura

argilosa e fertilidade natural alta. As suas limitações de uso estão conectadas com a imperfeição na drenagem, à baixa permeabilidade e a susceptibilidade à erosão (SOUZA, 2000).

A Chapada do Apodi, vinculada aos planaltos sedimentares tabuliformes e cuestasiformes, apresenta uma associação de cambissolos eutróficos, latossolos vermelho-amarelos eutróficos e distróficos e afloramentos rochosos. Os cambissolos são rasos a moderadamente profundos, com textura argilosa, apresentam-se bem drenados, e fertilidade natural alta. Os afloramentos rochosos caracterizam-se por rochas nuas ou muito pouco alteradas e são impraticáveis para o uso agrícola (SOUZA, 2000).

Apresentado as principais classes pedológicas da área, devemos lembrar que no estado do Ceará, de modo geral, as atividades sociais, dentro de um processo histórico de ocupação, contribuíram de maneira significativa para essa descaracterização das condições naturais. Ressalta-se que as marcas dessas atividades também são sentidas nas formações vegetacionais.

Sabe-se que a vegetação reflete-se na composição da paisagem através de sua interação com os demais componentes naturais, como o clima, os solos, as rochas, o relevo e os recursos hídricos (PEREIRA & SILVA, 2005). No Ceará, as formações vegetacionais têm uma distribuição que obedece a uma zonalidade (SOUZA, 2000). Da faixa litorânea em direção ao interior, as formações ocorrem em faixas sucessivas e alongadas, com direção predominantemente paralela.

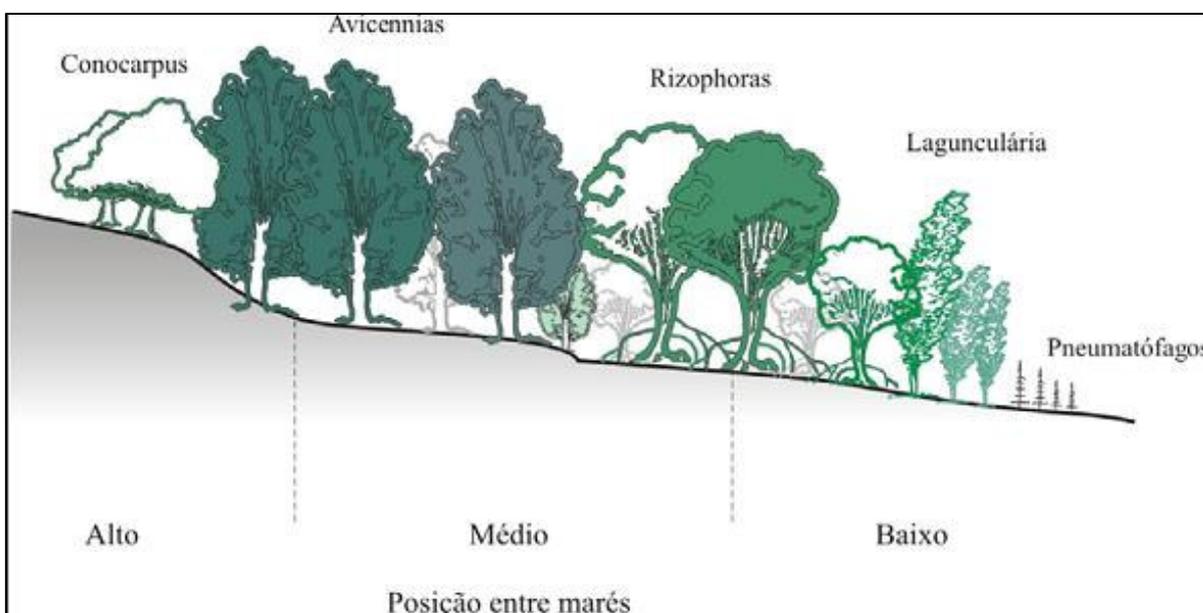
A descrição das espécies obedece à classificação proposta em trabalhos anteriores (RADAM BRASIL, 1981; MAIA, 1993; SOUZA, 2000; PEREIRA e SILVA, 2005), estando os nomes científicos de acordo com Silva (1998) e Gatto (1999).

A unidade de vegetação pioneira psamófila estende-se ao longo do litoral do Estado, nos ambientes de pós-praia e dunas móveis, onde há o predomínio de terrenos arenosos. Faz parte dessa unidade espécies herbáceas e gramíneas, tendo destaque, a salsa (*Ipomea assarifolia*), a salsa de praia (*Ipomoea pes-caprae*), o pinheirinho da praia (*Remirea marítima*), entre outros. Essas espécies são de elevada importância, pois atuam como obstáculos no transporte eólico das areias.

A vegetação subperenifolia de dunas desenvolve-se pelas superfícies das dunas mais antigas e estabilizadas que, anteriormente, foram colonizadas pela vegetação pioneira. As espécies são predominantemente arbustivas e possuem um caráter subperenifólio. Tal vegetação possui papel fundamental na estabilização do

relevo, diminuindo o avanço dos sedimentos dunares para o interior. Entre os arbustos mais característicos dessa unidade vegetacional destacam-se o cajueiro (*Anacardium occidentale*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), goiabinha (*Psidium sp.*), murici (*Byrsonima sp.*), angélica (*Guettarda angélica*), dentre outros.

A vegetação de mangue estende-se pelas áreas de inundação das planícies flúvio-marinhas, correspondentes ao ecossistema denominado manguezal. São poucas espécies que, em conjunto, abastecem a base nutritiva deste produtivo ambiente (POR, 2004). Segundo Monteiro (2005), as principais espécies de vegetação que ocorrem, são a *Rhizophora mangle*, *Avicennias schaueriana* e *germinans*, *Laguncularia racemosa*, e *Conocarpus erectus* (figura 05).



Fonte: MONTEIRO, 2005.

Figura 05: Principais espécies de mangue que ocorrem no estado do Ceará e sua distribuição geral em relação ao gradiente de marés.

A classificação que se segue está de acordo com Lima (2004) e Monteiro (2005), e os nomes científicos apoiados em Por (2004).

A *Rhizophora mangle*, também conhecida como “mangue vermelho”, é caracterizado pelas raízes aéreas (rizóforos) com sistema radicular que partem do tronco e ramos em formato de arcos que atinge o solo, o que permite uma maior sustentação em solos pouco consolidados.

O gênero *Avicennia* apresenta duas espécies ocorrentes no litoral cearense, as *schaueriana* e *germinans*. Popularmente chamada de mangue seriba,

siriuba ou canoé é a mais alta das árvores do mangue. Pode alcançar uma altura média de 11 metros com tronco de 20 centímetros de diâmetro.

A *Laguncularia racemosa* conhecida pelos ribeiros de mangue branco, é a árvore de menor porte entre as árvores do mangue. Seus ramos são frequentemente submersos na maré alta, prefere solos mais arenosos.

A *Conocarpus eretus* conhecida como mangue tinteiro, botão ou ratinho. É a espécie que habita a porção mais alta do perfil de maré. É encontrada nas frações mais arenosas e topograficamente mais elevada do leito do rio. Tal vegetação funciona como uma eficiente proteção das margens das desembocaduras fluviais, diminuindo a erosão, retraindo o avanço das dunas e assumindo papel fundamental na proteção de inúmeras espécies de moluscos, crustáceos, peixes e aves.

A vegetação de várzea estende-se ao longo dos médios e baixos cursos das bacias fluviais, assim como em margens de lagoas. Há um predomínio de um estrato mais elevado ocupado por carnaubeiras (*Copernicia cerifera*), sendo muitas vezes acompanhada por árvores e arbustos. No estrato arbustivo-arbóreo são encontradas espécies como o marmeleiro (*Croton sp.*), a jurema (*Mimosa tenuiflora*) e o mufumbo (*Combretum leprosum*), entre outros.

A vegetação subcaducifólia de tabuleiro estende-se por praticamente todo o tabuleiro costeiro do estado do Ceará. Há um predomínio de espécies arbóreas, porém acompanhadas de um estrato arbustivo e outro herbáceo. É representada por espécies como jenipapo bravo (*Tacayena sp.*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), mandacaru (*Cereus sp.*), pau ferro (*Cássia ramiflora*), ameixa (*Ximenia americana*), angélica (*Guettarda sp.*), imbaúba (*Cecropia sp.*), cajueiro (*Anacardium occidentale*) e croata (*Bromélia sp.*)

O conhecimento das características geoambientais torna-se indispensável para a compreensão do funcionamento do recorte ambiental em questão. A pesquisa lança um olhar sobre o conjunto de unidades ambientais que compõem a desembocadura fluvial do rio Jaguaribe. Tais unidades fazem parte de um conjunto maior que é a zona costeira cearense, de seu setor leste, que evolui ao longo do tempo geológico. Dessa maneira, o entendimento da formação e evolução dessas estruturas se apresenta imprescindíveis para posteriormente realizar uma análise destas unidades geoambientais (ver capítulo 5).

Capítulo 02

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

O enfoque dos estudos realizados na desembocadura do Rio Jaguaribe tem como um dos pontos primordiais a caracterização da base físico-natural da foz e sua evolução recente – aproximadamente dos últimos 40 anos. A identificação, definição, caracterização e evolução das unidades ambientais associadas a esse domínio natural são indispensáveis.

O suporte teórico-metodológico se dá na “análise geossistêmica”, tendo suas raízes na Teoria Geral dos Sistemas – TGS (PENTEADO, 1980). O critério fundamental da análise geossistêmica é o de considerar as relações mútuas entre os componentes de um sistema visando analisar o estado de inter-relações e interdependências entre o sistema natural e humano, procurando definir a sensibilidade e a resistência do ambiente. A justificativa do apoio em tal metodologia, no caso de nossa pesquisa, dá-se pelo fato de tratar-se da análise espaço-temporal do ambiente natural, composto de diferentes variáveis que vêm se modificando, quer seja espontaneamente, quer seja sobre os efeitos diretos e indiretos da ação do ser humano ao longo deste período.

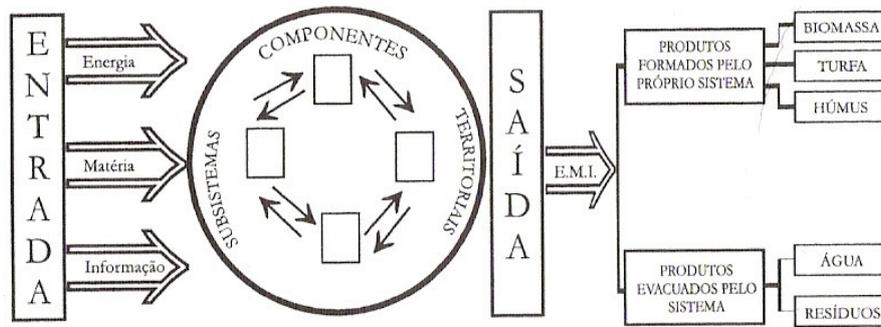
Segundo Troppmair (1989), a TGS foi inicialmente desenvolvida nos Estados Unidos da América – EUA e usada por R. Defay na termodinâmica e, mais tarde, aplicada à biologia por Ludwig Von Bertalanfy. A partir da década de 1960 ela vem sendo bastante difundida.

A concepção sistêmica consiste em uma abordagem na qual, qualquer diversidade da realidade estudada (objetos, propriedades, fenômenos, relações, problemas, situações, entre outros) pode-se considerar como uma unidade regulada em um ou outro grau que se manifesta mediante algumas categorias sistêmicas, tais como: estrutura, elemento, meio, relações (RODRIGUEZ *et al*, 2004).

A figura 06 mostra um modelo sistêmico de funcionamento da paisagem, com entrada e saída de energia, matéria e informação podendo, assim, o sistema ser definido como o conjunto de elementos que desempenham relação entre si, e que formam uma determinada unidade e integridade (RODRIGUEZ *et al*, 2004).

Para Tricart (1977), sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. O conceito de sistema é um dos recursos

mais recomendáveis atualmente para que se possa estudar o meio ambiente, através de um procedimento dialético entre a necessidade da análise e a necessidade inversa de uma visão de conjunto.



Fonte: RODRIGUEZ *et al*, 2004.

Figura 06: Modelo sistêmico do funcionamento da paisagem.

O sistema é um todo complexo, único, organizado, formado pelo conjunto ou combinação de objetos ou partes. Não se trata de algo estático e sim dinâmico, devido ao metabolismo de suas partes interrelacionadas em um todo integral (RODRIGUEZ *et al*, 2004).

Sotchava (1977) afirma que o geossistema é a expressão dos fenômenos naturais e do potencial ecológico de um determinado espaço, no qual há uma exploração biológica, podendo influenciar também os fatores sociais e econômicos na estrutura e expressão espacial.

Segundo o mesmo autor, a paisagem é um conjunto que, para ser conhecido, deve ser parcelado, e que esse conjunto não se reconstitui a partir tão somente da união das partes. Para a paisagem ser compreendida, deve haver a inter-relação e interdependência entre as mesmas partes que a integram.

Bertrand (1969) conceituou geossistema como um tipo de sistema aberto, hierarquicamente organizado, formado pela combinação dinâmica e dialética, dos fatores abióticos, bióticos e antrópicos. Assim, o geossistema seria o resultado da combinação dinâmica de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrografia), de uma condição de exploração biológica natural, (vegetação, solo, fauna) e de atividades sociais.

A análise sistêmica propicia o conhecimento de cada elemento que compõe o meio natural, ao mesmo tempo em que possibilita a interpretação das inter-relações entre as partes do todo. O papel do pesquisador é identificar e/ou

reconhecer os resultados das conexões entre esses componentes, por mais complexos que eles possam se apresentar para, assim, chegar à totalidade composta pelas partes (VIDAL, 2006).

Bertrand (1969), Sotchava (1977), Tricart (1977), Christofolletti (1979), Troppmair (1989), Rodriguez *et al* (2004), entre outros autores, desenvolveram estudos integrados da paisagem, tendo como fundamentação teórico-metodológica a TGS direcionada para estudos geossistêmicos e geoambientais, em que o geossistema é um conceito territorial, uma unidade espacial que pode ser delimitada e analisada em determinada escala.

De maneira ampla, são considerados diferentes tipos de sistemas: 1) isolados, que realizam trocas com o ambiente no qual se acham instalados (estes são os mais raros); 2) não isolados fechados, que trocam apenas energia e, 3) não isolados abertos (mais comuns), que trocam matéria e energia com o meio circundante (PENTEADO, 1980; CLAUDINO-SALES, 2004).

As bacias hidrográficas podem ser consideradas sistemas abertos, em termos de *inputs* de energia, oriundos da precipitação, e dos *outputs*, relacionados à água e sedimentos oriundos da erosão fluvial e das encostas existentes no âmbito das bacias (GUERRA & MENDONÇA, 2004). Nosso “sistema”, ou seja, a desembocadura do rio Jaguaribe, caracteriza-se enquanto aberto, com entrada - “*input*”, armazenamento e saída - “*output*” de matéria e energia, representada, sobretudo, pelas marés e sedimentos transportados e depositados.

Na presente pesquisa, a teoria sistêmica contribui como base teórica resultando na elaboração de uma evolução geomorfológica e análise ambiental da desembocadura do rio Jaguaribe, procurando-se obter a interdisciplinaridade numa visão de síntese no conjunto do espaço geográfico em estudo. Realizam-se mais uma análise ambiental, ou seja, um estudo dos elementos naturais da paisagem, associado às formas de uso e ocupação do solo, que uma análise sistêmica pura, na qual seriam necessários procedimentos quantitativos para a mensuração dos *inputs* e *outputs*.

2.1. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Para a realização desta pesquisa adotou-se a estratégia de dividi-la em dois momentos. Primeiramente foram buscados os documentos bibliográficos e cartográficos e, posteriormente, realizou-se o tratamento destes documentos, bem como os levantamentos de campo. Apresentam-se aqui todos os passos necessários, os materiais utilizados e os procedimentos na manipulação da base de dados.

2.1.1. Levantamento Bibliográfico e Cartográfico

Os primeiros passos da pesquisa deram-se na busca de materiais disponíveis em pesquisas anteriores: monografias, dissertações, teses, artigos e livros relacionados à desembocadura fluvial do Jaguaribe e ao baixo curso do referido curso fluvial. Bem como sobre zona a costeira cearense e as feições geomorfológicas do seu setor leste.

As buscas efetivaram-se, inicialmente, em levantamento pela internet nas bibliotecas vinculadas à Universidade Federal do Ceará: biblioteca central do Centro de Ciências e Tecnologia, pós-graduação em Engenharia Ambiental, a do Centro de Ciências Agrárias, bem como a do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR. Continuando na busca pelas Bibliotecas da UFC, também foram consultadas as bibliotecas internas dos Laboratórios do Departamento de Geografia, a saber: Laboratório de Geomorfologia Ambiental Costeira e Continental – LAGECO, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos e biblioteca do Programa de Educação Tutorial – PET.

Na Internet, utilizando o site de busca *Google Acadêmico*, verificou-se a disponibilidade de artigos científicos acerca da temática desejada. Anais impressos e digitais de Congressos especializados, tais como, Encontro Nacional de Geógrafos – ENG, Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – SBGFA, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, entre outros, também foram procurados.

Contou-se, ainda, com a indicação e disponibilidade de materiais/documentos do arquivo pessoal de alguns professores vinculados, ou não, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFC. Nos domínios extra-universitários, foram freqüentadas as bibliotecas do Departamento Nacional de Obras Contradas Secas – DNOCS Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH, Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMACE e Companhia de Levantamento de Recursos Minerais – CPRM.

A coleta por produtos cartográficos foi efetuada em departamentos de Cartografia de diversos órgãos públicos da esfera estadual e federal e em segmentos da própria universidade. Nas tentativas junto as Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMACE, Companhia de Levantamento de Recursos Minerais – CPRM, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH, ao Instituto de Agricultura do Estado do Ceará – IDACE, Instituto de Recursos Agrários – INCRA e Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR foram levantadas cartas, mapas, fotografias aéreas, imagens de satélite e informações em banco de dados que subsidiaram a pesquisa.

2.1.2. Levantamento de Campo

Posterior à coleta de materiais bibliográficos e cartográficos, iniciou-se o trabalhos com as bases cartográficas para a elaboração dos mapas de unidades geoambientais. Para a finalização com êxito desta etapa, efetuou-se trabalho de campo na área de pesquisa com a colaboração da Profa. Dra. Vanda de Claudino Sales – UFC (orientadora) e do Prof. Dr. Jean Pierre Peulvast, além do Doutorando Julien Quiret (Universidade de Paris-Sorbonne IV).

Realizaram-se observações e anotações acerca das unidades geoambientais identificadas, além de registros fotográficos. Dentre as atividades desenvolvidas nesta etapa destacam-se:

1. Percurso de barco pelo rio Jaguaribe, objetivando identificar as áreas onde ocorreu aumento de manguezal e ilhas fluviais;
2. Visita ao Pontal de Maceió, no sentido de avaliar esta feição geomorfológica e conferir a linha de paleofalésia identificada na imagem *Quickbird*;
3. Percurso efetuado com bugre sobre o campo de dunas móveis, desde Canoa Quebrada à foz do rio Jaguaribe;
4. Visita a viveiros de camarão localizados na planície flúvio-marinha do rio Jaguaribe, na comunidade do Cumbe (Aracati).

2.1.3. Manipulação das Bases Cartográfica

Para a efetivação do tipo de trabalho proposto, ou seja, onde o uso de equipamentos de tecnologia é necessário, a existência de um lugar com infraestrutura básica é indispensável. Utilizou-se a estrutura física do laboratório de Cartografia Digital do departamento de Geografia da UFC, coordenado pelo professor Paulo Thiers, compreendendo computadores Pentium 4, *scanner* de mesa A3 e os *softwares* Microstation SE e Image Analyst, para produção das informações espaciais da pesquisa.

A escolha dos produtos cartográficos para uso deu-se pela disponibilidade dos mesmos:

- ✓ Imagens do satélite *Quickbird* II, com resolução espacial de 60 cm, datadas de 2004, cedidas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará – SEMACE;
- ✓ Imagem do satélite SPOT 5, com resolução espacial 10m, datado do ano de 2004, igualmente de posse da SEMACE;
- ✓ Fotografias aéreas, na escala 1:32.500 do ano de 1988, pertencentes ao acervo do Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará - IDACE;
- ✓ Fotografias aéreas, na escala 1:70.000, Cruzeiro do Sul, 1968, adquiridas junto à Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM;
- ✓ Carta topográfica, escala 1:100.000, referente à folha Parajuru, DSG/SUDENE, 1972;

- ✓ Mapa Geológico e Geomorfológico do Estado do Ceará, na escala 1:500.000, CPRM, 2003, em meio digital;
- ✓ CD Brasil visto do Espaço produzido pela EMBRAPA datado de 2003;

No intuito de facilitar a compreensão das análises, bem como divulgar os procedimentos adotados e para que estes sirvam de base para futuros trabalhos, os parágrafos a seguir mostram os passos com o tratamento das bases cartográficas.

O processamento digital das imagens e posterior produção de informações espaciais concretizaram-se embasados na técnica de Sensoriamento Remoto. Essa técnica permite obter informações da superfície da terra à distância, ou seja, obtém informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico com os objetos investigados (FUCKS *et al*, 2004). É uma tecnologia que está revolucionando o mundo acadêmico e técnico no tocante ao planejamento e gestão do espaço geográfico. Os avanços na área de Sensoriamento Remoto com o desenvolvimento e lançamento de sensores, tanto por plataformas de programas espaciais já existentes como por projetos inéditos, marcaram a última década do século XX (ZANARDI *et al*, 2005).

Atualmente, existem sensores de alto desempenho no que se refere às resoluções espacial, espectral e temporal. Esses novos sensores vieram a complementar o registro dos recursos naturais e do meio ambiente terrestre, desde a escala regional até o nível de detalhe.

O *Quickbird* é o sensor mais recente, capaz de capturar imagens da Terra com resolução espacial de alta resolução. O satélite foi lançado em outubro de 2001, e tem por objetivo dar suporte às aplicações de gerenciamento urbano ou rural, avaliação de riscos ambientais, levantamentos cadastrais ou mapeamentos em escala de detalhe, dentre outros mais específicos. O sistema é composto por três bandas multiespectrais, com resolução espacial de 2,6 metros e mais uma banda pancromática que reduz o tamanho do pixel, unidade mínima que compõe a imagem, a 0,6 metros (MONTEIRO, 2005).

As imagens desse satélite que correspondem à área de pesquisa foram fundamentais para o início dos trabalhos. As imagens pertencentes aos arquivos da SEMACE já se encontravam georreferenciadas, ou seja, posicionadas corretamente sobre a superfície terrestre. Sobre este tema, Casa Nova *et al* (2005) coloca que:

Em sensoriamento remoto, muitas vezes a análise comparativa de imagens multitemporais, ou a combinação entre imagens de diferentes sensores sobre uma mesma área, ou ainda a justaposição de imagens se faz necessária. Nesses casos, é preciso assegurar que os pixels das imagens a serem trabalhadas sejam referentes à mesma área no terreno. Portanto, antes de se combinar/comparar duas imagens de uma mesma área, é necessário que ambas estejam perfeitamente registradas entre si. Por registro de imagens entende-se como o processo que envolve a superposição de uma mesma cena que aparece em duas ou mais imagens distintas, tal que os pontos correspondentes nestas imagens coincidam espacialmente (CASA NOVA *et al*, 2005).

O sensoriamento remoto permite uma visão sintética do problema, além de possibilitar o resgate de dados, identificando feições de interesse. Por outro lado, o SIG – Sistemas de Informações Geográficas permite a interação de dados de variadas fontes: imagens, fotografias e dados de campo (LIMA, 2004). Neste trabalho, contou-se com produtos adquiridos por diferentes mecanismos: fotografias aéreas em escalas variadas, imagens de diferentes sensores com resoluções espaciais diferenciadas. Assim, efetuou-se o processo de georreferenciamento ou registro de imagens.

Primeiramente fez-se necessária a escolha de pontos de controle, ou seja, locais que oferecem uma feição física perfeitamente identificável, tais como intersecções de estradas e de rios, represas, dentre outros. A obtenção das coordenadas desses pontos pode ser realizada em campo a partir de levantamentos topográficos ou GPS – *Global Positioning System* ou, ainda, por meio de mesas digitalizadoras, outras imagens ou mapas analógicos ou digitais georreferenciados (FUCKS *et al*, 2004).

Optou-se pelo uso da imagem do *Quickbird* que apresenta grande número de detalhes e encontrava-se tratada. Serviu de base para o registro das outras imagens e fotografias aéreas obtidas em meio analógico e digitalizadas através de scanner de mesa.

Na escolha dos pontos de controle, foram selecionadas feições artificiais, tais como cruzamentos de estradas, cantos de cercas, entre outras. Por ser uma área de ambiente natural intensamente dinâmico, uma escolha equivocada poderia levar a interpretações errôneas.

No *software Microstation SE*, plataforma *Image Analyst*, utilizando-se de modelo matemático apropriado, foi efetuado o georreferenciamento das imagens fotográficas correspondentes aos anos de 1968 e 1988, além da checagem em relação à imagem captada pelo satélite SPOT 5, do ano de 2004.

O sistema SPOT é um programa espacial francês. O primeiro satélite da série SPOT, o SPOT 1, foi lançado em fevereiro de 1985. A velocidade orbital é sincronizada com o movimento de rotação da Terra, de forma que a mesma área possa ser imageada a intervalos de 26 dias. Os sensores HRV foram planejados para operar em dois modos: No modo pancromático, que corresponde à observação da cena numa ampla faixa do espectro eletromagnético, permitindo uma resolução espacial de 10 x 10 metros (pixel). No modo multiespectral, corresponde à observação da cena em 3 faixas estreitas do espectro, com resolução espacial de 20 x 20 metros (MONTEIRO, 2005).

Segundo Casa Nova *et al* (2005), uma imagem digital é uma matriz multidimensional que representa uma cena. Os índices das linhas e colunas da matriz da imagem digital identificam as coordenadas espaciais X e Y de cada elemento da área imageada no terreno (pixel) e o valor numérico de cada elemento da matriz identifica o brilho daquela área. Esta forma de representação numérica das imagens permite a aplicação de uma grande variedade de técnicas e análises de processamento digital para tratamento dos dados contidos em cada imagem. Tal forma de representação é conhecida como *raster*.

O passo seguinte da pesquisa foi converter essas representações matriciais do espaço geográfico para o formato vetorial – representado por pontos, linhas e polígonos. Cuidadosamente realizaram-se interpretação visual das imagens. Na efetuação desses trabalhos adotou-se o sistema de projeção cartográfica UTM – Universal Transverso de Mercator, referenciado ao *datum* geodésico horizontal SAD69 – *South American Datum* 1969, referências oficiais para a cartografia em âmbito nacional.

Entende-se projeção cartográfica como um conjunto de métodos usados na representação da superfície terrestre, segundo o qual cada ponto da Terra corresponde a um ponto da carta e um processo sistemático de transformar partes da Terra esférica para que sejam representadas em uma superfície plana mantendo as relações espaciais (CASA NOVA *et al*, 2005). É um procedimento obtido pelo uso de Geometria e, mais comumente, por meio de fórmulas matemáticas. A correspondência entre os pontos da superfície terrestre e a sua representação, constitui o problema fundamental da cartografia, pois impossibilita uma solução perfeita, ou seja, uma projeção livre de deformações. Tentando minimizar as distorções, diferentes técnicas de representação são aplicadas no sentido de se

alcançar resultados que possuam propriedades favoráveis para um propósito específico (FREITAS, 2004).

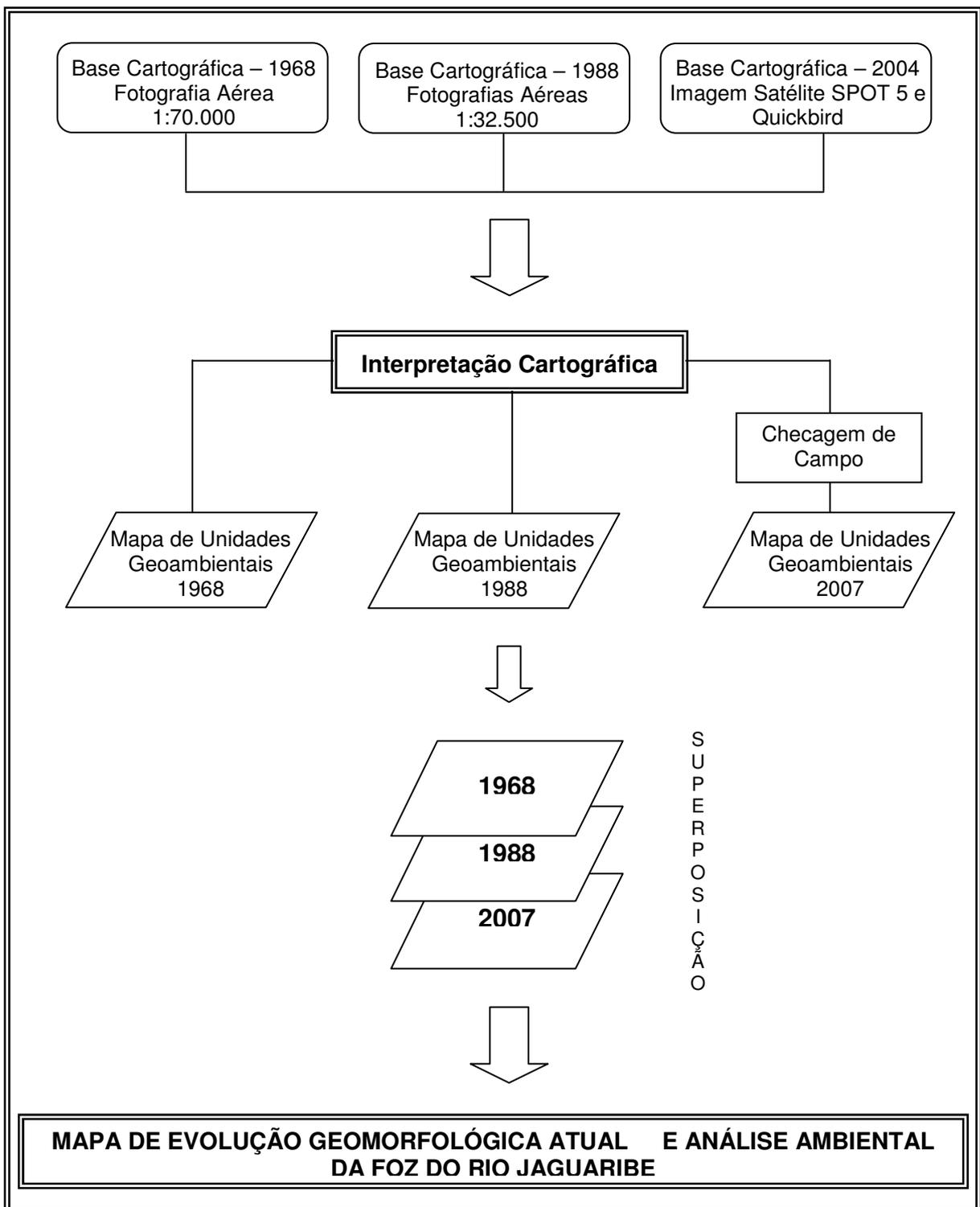
Como todo sistema de projeção cartográfico, o Sistema Universal Transverso de Mercator – UTM tem suas especificações. Trata-se de uma projeção cilíndrica, conforme, de acordo com os princípios de Mercator-Gauss, com uma rotação de 90º do eixo do cilindro, de maneira a ficar contido no plano do equador (transversa).

As imagens obtidas por sensoriamento remoto apresentam elementos básicos de análise e interpretação (FLORENZANO, 2002), a partir dos quais se extraem informações de objetos, áreas, ou fenômenos, são eles: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização (CRUZ, 1981).

Na interpretação visual das imagens no presente trabalho, levou-se em consideração, principalmente, tonalidade, textura e forma dos pixels para a geração dos polígonos representativos de cada unidade identificável, ou seja, área do leito do rio Jaguaribe, faixa praial e dunas móveis, planície flúvio-marinha, além das feições humanizadas e formas de uso (vias de acesso, estradas e ocupação humana, propriamente ditas).

O procedimento de vetorização foi realizado para cada período de análise, isto é, anos de 1968, 1988 e 2004. Apresentam-se mapas das unidades geoambientais de cada período e, posteriormente, apresentam-se mapas *over lays*, ou seja, produzidos a partir da sobreposição dos contornos dos mapas de diferentes anos.

As etapas técnicas descritas permitiram a caracterização da foz, bem como a identificação do conjunto de alterações geomorfológicas e ambientais ao longo das últimas quatro décadas, objetivo central de nosso trabalho. A figura 07 oferece um organograma dos procedimentos adotados, e aqui apresentados, na elaboração do mapa de evolução geomorfológica atual e análise ambiental da área de estudo proposta.



Adaptado de Oliveira & Nunes, 2005.

Figura 07: Organograma da Elaboração do Mapa de Evolução Geomorfológica atual e Análise Ambiental da Foz do rio Jaguaribe/Ceará.

Capítulo 03

3. ASPECTOS MORFOEVOLUTIVOS DA MARGEM CONTINENTAL DO ESTADO DO CEARÁ

O objetivo desse capítulo é traçar um perfil de formação e evolução da margem continental cearense, domínio natural onde se situa nossa área de pesquisa, dando ênfase ao setor leste, representados por dois elementos morfoestruturais de grande relevância no nosso setor, que são a bacia Potiguar e o baixo curso do rio Jaguaribe.

3.1. GÊNESE E CARACTERIZAÇÃO DA ZONA COSTEIRA CEARENSE

Ao se falar na gênese da zona costeira deve-se remeter, inicialmente, à tectônica de placas. Na literatura são apresentados quatro megaeventos de fusão e quatro de fissão de placas tectônicas, com formação e destruição de áreas oceânicas (BRITO NEVES, 1999). No entanto, dois desses eventos são mais importantes para o que hoje geologicamente conhecemos como plataforma brasileira, especialmente para o Nordeste, onde se encontra o estado do Ceará: a aglutinação do megacontinente Panótia e a divisão do megacontinente *Pangea*.

Há cerca de 550 milhões de anos (550 Ma), foi formada na atual plataforma sul-americana, incluindo setores do Ceará, uma cadeia de montanhas - a cadeia Transbrasílica ou Brasiliana, que cortava o Brasil e o atual território cearense com orientação NE/SW (CABY et al, 1995). Tal formação se dá em resposta ao choque de placas continentais, ou seja, a aglutinação do megacontinente *Panótia* (BRITO NEVES, 1999).

O cenário contava com litosfera espessa, relevo bastante elevado, muito material à disposição do intemperismo, das ações climáticas, da erosão, ou seja, dos agentes externos. Como resultado, tivemos que por volta de 100 Ma depois estava destruída a cadeia montanhosa Brasiliana, e os sedimentos oriundos desta morfoestrutura ocupando as áreas mais rebaixadas. Assim, há 435 Ma (*Siluriano*) temos a formação da bacia sedimentar do Parnaíba. Por processos tectônicos houve posterior soerguimento da bacia no Cretáceo, dando origem ao

planalto/cuesta da Ibiapaba. Por ser relevo elevado, passou a ocorrer a disponibilidade de sedimentos, o ciclo se repetindo (intemperismo, erosão). Como consequência, ocorreu o recuo da cuesta (CLAUDINO SALES, 2002).

O megacontinente *Panótia* foi, na seqüência, dividido, e, por volta de 250 Ma, ocorreu a junção do megacontinente *Pangea* (BRITO NEVES, 1999). Milhões de anos passam e, por volta de 120 Ma, a “calmaria tectônica” (ALMEIDA et al, 2000) para o Estado do Ceará cessa. Temos a quebra do megacontinente *Pangea*, dando origem ao oceano Atlântico e à zona costeira cearense. Ela surge, não com as características atuais. A zona costeira cearense surge cristalina (CLAUDINO SALES, 2005).

A expansão do oceano Atlântico prossegue. Com o passar do tempo geológico, há um aumento da densidade das rochas que compõem a crosta oceânica. Essa variação na densidade indica um acréscimo em seu peso, fazendo com que a crosta oceânica sofra uma pequena subsidência. Pelo fato das crostas continentais e oceânicas estarem acopladas, a borda continental também sofre esse leve efeito de subsidência (BOILLOT, 1990). Em resposta a esse processo, ocorreu durante o Terciário, um suave soerguimento do interior do continente (efeito semelhante ao que ocorre com uma gangorra). Tal processo é chamado de flexura marginal (PEULVAST & CLAUDINO SALES, 2004).

Esta configuração, com o interior elevado, caracteriza uma grande disponibilidade de material. Associado com longos períodos de intemperização e erosão controlados por diferentes condições climáticas, houve a deposição da “Formação Barreiras”. De acordo com Meireles (2002), o clima que possibilitou a deposição da Formação Barreiras, durante o período Mioceno-Plioceno, era semi-árido com alternâncias de períodos de chuvas esporádicas e catastróficas, o que propiciou a remoção dos sedimentos até a plataforma continental atual.

A Formação Barreiras corresponde, portanto, a depósitos de granulometria arenosa à argilosa que foram depositados ao longo da borda do continente entre o Mioceno e o Pleistoceno (ARAÍ, 2005). Eles recobrem toda a extensão do litoral cearense, com larguras variáveis, transformando uma área cristalina em sedimentar (CLAUDINO-SALES, 2005).

Ao final dessa deposição, outros mecanismos entraram em ação. Os períodos glaciais e interglaciais intensamente presentes no Quaternário,

caracterizando regressões e transgressões marinhas (e.g. MEIRELLES, 2002), respectivamente, possibilitaram modificações intensas nesse depósito.

A ocorrência dessas flutuações no nível do mar (transgressões e regressões), segundo SUGUIO (1985) associa-se a diferentes aspectos, tais como modificações no relevo oceânico e alterações no volume das águas oceânicas durante as glaciações e os intervalos interglaciais. Condicionado às alterações dos níveis continentais, ele cita a deformação do geóide continental e movimentos isostáticos, movimentos tectônicos, formação ou desaparecimento das calotas polares e regressão e transgressão sobre as plataformas continentais e zonas costeiras. Surge uma série de formas de relevo no litoral cearense em função desses episódios, tais como falésias ativas e inativas, planícies litorâneas, lagoas costeiras e campos de dunas de idades variadas.

São vários os agentes atuais que interferem na dinâmica dessas formas litorâneas, bem como nas formas mais recentes. Alguns são de caráter ativo (ventos, ondas, correntes, marés, fluxos fluviais) e outros, passivos (cobertura vegetal, morfologia litorânea, depósitos geológicos). Como resultado, tem-se no Ceará 573 quilômetros de extensão de zona litorânea - desde Icapuí (Praia de Tibau, no extremo leste, no limite com o Estado do Rio Grande do Norte) a Barroquinha (Praia de Bitupitá, no extremo oeste, no limite com o Estado do Piauí) – que se apresentam extremamente ricos no que concerne a feições geomorfológicas (SOUZA, 2000). Com efeito, ocorrem praias, pontas litorâneas, falésias, cordões de beachrocks, dunas, lagoas e lagunas, flechas barreiras e litorâneas, planícies flúvio-marinhas e planícies litorâneas. Tal diversidade de paisagens naturais permite definir a existência de não apenas um, mas de vários litorais cearenses (CLAUDINO SALES, 2005).

A extensão da zona costeira cearense (figura 08) é claramente definida pelas divisas políticas com os estados vizinhos. O mesmo não ocorre com a largura, tomada a partir do nível das praias em direção ao continente. As formas recentes não ultrapassam, em geral de 4 a 6 km, tendo como limite os campos de dunas fixas. As formas e materiais herdados das fases evolutivas mais antigas, como os depósitos Barreiras, apresentam largura de até 90 km entre Icapuí e o setor leste de Fortaleza, aproximadamente de 15 km na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF e de 50 a 60 km em direção a oeste (CLAUDINO SALES, 2005).



FONTE: Adaptado de CLAUDINO-SALES, 2002.

Figura 08: Localização, orientação, extensão e largura da zona costeira cearense.

As variações também estão representadas na orientação da linha de costa: ela dispõe-se, grosso modo, SE-NW entre Icapuí e Itarema, ESE-WNW entre Itarema e Jericoacoara e ENE-WSW entre Jericoacoara e Barroquinha.

A existência de vários litorais cearenses permite a compartimentação de diferentes domínios, a saber: os domínios Jaguaribe, Choró, Baturité, Jaibaras e Chaval (CLAUDINO SALES, 2002). Cada um desses domínios tem particularidades e dinâmica própria.

Do ponto de vista estrutural, a área de pesquisa corresponde ao domínio geomorfológico Jaguaribe (CLAUDINO SALES, 2002, 2005), que se estende desde Icapuí/Itaipaba até Aracati/Fortim e corresponde à área deprimida e subsidente do antigo *rift* intracontinental cretáceo e atual bacia sedimentar do Apodi (ver item 4.2). Corresponde, portanto, à área da bacia Potiguar e de suas vizinhanças, principalmente organizado em torno de materiais sedimentares recentes (cenozóicos) e mais antigos (cretáceos). Nesse compartimento, longo tempo subsidente (em particular na área da bacia Potiguar), materiais sedimentares estiveram sempre ao alcance dos agentes da dinâmica litorânea, e é onde se situam as falésias ativas e inativas mais desenvolvidas da região (alturas de 5 a 25 m),

tendo, por conseqüência, praias mais estreitas e campos de dunas menos desenvolvidos. O embasamento não aflora ao longo do litoral, mas a planura da zona costeira e áreas adjacentes são interrompidas pela presença de inselbergs dispersos (Cascavel, Beberibe, Itaíçaba). Dois deles, de idade cretácea (pré-cenomaniana) estão em vias de exumação em relação aos sedimentos da Chapada do Apodi/bacia Potiguar nas suas porções voltadas para o oceano (Itaíçaba).

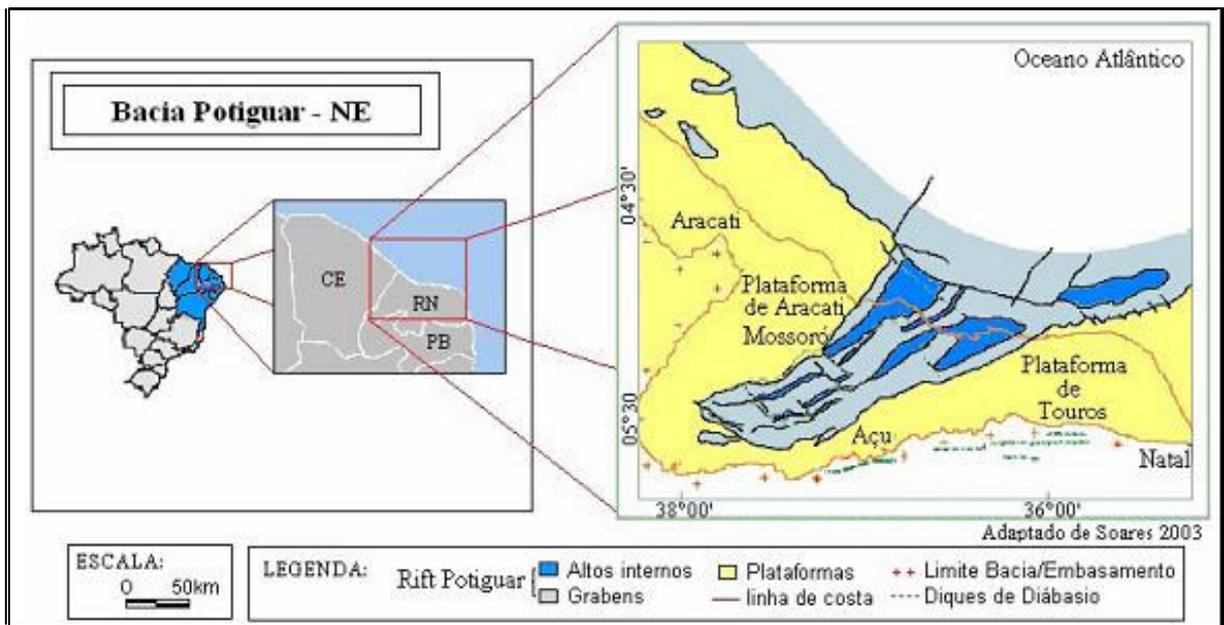
3.2. FORMAÇÃO DA BACIA POTIGUAR

A gênese e evolução de uma bacia sedimentar, definida segundo Guerra & Guerra (1997) enquanto uma depressão com detritos carregados das áreas circunjacentes está ligada à atividade tectônica, bem como ao ambiente climático na qual ela se encontra. O regime tectônico define o substrato geológico e a atuação climática promove o desgaste gradual da crosta, seguido de deposição e diagênese (e.g. GUERRA & GUERRA, 1997; MAIA, 2005).

A bacia Potiguar localiza-se na porção oriental do Nordeste brasileiro, abrangendo parte do território do estado do Rio Grande do Norte e do Ceará. Limita-se ao sul, leste e oeste com rochas do embasamento cristalino e ao norte com o oceano Atlântico (figura 09). É a mais oriental das bacias da margem continental equatorial, estando geneticamente relacionada a uma série de bacias neocomianas intracontinentais que compõem o sistema de riftes cretáceos do Nordeste brasileiro durante a separação do *Pangea* e formação do oceano Atlântico (MATOS, 1992).

Segundo Souza *et al* (2002), são 38.000 km² de extensão, sendo 16.000 km² imersos no oceano atlântico indo até a isóbata de 200 metros. Dentre as formações constituintes da Bacia Potiguar, as únicas que afloram no território cearense, constituindo o Grupo Apodi, são as formações Açú e Jandaíra.

A formação da Bacia Potiguar dá-se com o processo de separação do megacontinente *Pangea*, a tafrogênese que originou o Atlântico Sul. O NE do Brasil funcionou como um ferrolho, um elo que unia os dois continentes, o que hoje conhecemos como América do Sul e África (MATOS, 1999). Segundo Matos (2000), essa separação se deu em três etapas:



Fonte: MAIA, 2005.

Figura 09: Localização da Bacia Potiguar

A primeira etapa, dando seguimento à abertura em direção ao norte do segmento sul do Atlântico Sul, a qual iniciou ainda no final do Jurássico, corresponde ao processo de rifting intracontinental no Nordeste brasileiro, com formação de diversos rifts cretáceos no Neocomiano (140 Ma), dentre eles o rift Potiguar.

No entanto, tais rifts não evoluíram, pois entrou em curso a segunda etapa de evolução da margem continental do Nordeste, que teve lugar no Barremiano (130 Ma). Os rifts intracontinentais foram abortados e subsidiram termicamente, em função do que ocorre na transformação dessas estruturas em bacias sedimentares – no caso, passagem do rift neocomiano Apodi para a bacia sedimentar pos-neocomiana Potiguar.

A terceira etapa corresponde a processos que entre o Aptiano e o Albiano (120Ma-100Ma) deram origem, de maneira transformante (sem rifts, correspondendo a um deslizamento de uma placa perante a outra), à abertura do Atlântico Equatorial, que interceptou o continente com direção grosseiramente leste-oeste, segmentando a bacia Potiguar em duas porções – essa estrutura passou então a contar com um segmento antigo, neocomiano, chamado de bacia *onshore* e de um segmento novo, transformante, denominado bacia *offshore* (MATOS, 2000; CLAUDINO SALES, 2002).

A bacia Potiguar está preenchida, portanto, por sedimentos depositados desde o Cretáceo inferior até o recente. No nosso estudo, apenas o segmento distal da bacia *onshore* será objeto de análise.

3.3. EVOLUÇÃO DO MÉDIO E BAIXO CURSO DO RIO JAGUARIBE

É sabido que durante o período Quaternário mudanças climáticas se estabeleceram, fazendo o nível da água do mar se elevar em períodos quentes (transgressões) deixando, assim, os climas costeiros mais úmidos, e recuar em períodos frios (regressão), deixando os climas mais secos. Tais alterações imprimem mudanças significativas nos condicionantes evolutivos das paisagens (MEIRELES, 2001).

O avanço e recuo da linha de costa, aliados às ações (erosão, transporte, sedimentação, decomposição, desagregação) dos agentes morfológicos (flúvio-marinhos, ondas, marés, correntes marinhas, vento, gravidade) associados aos efeitos das mudanças climáticas deixaram, como resultados, extensas planícies costeiras no litoral Brasileiro (e.g. MEIRELES, 2001), bem como planícies aluviais nos baixos cursos dos rios.

Os estudos geomorfológicos de evolução de bacias de drenagem e formação de áreas de deposição fluvial assumem grande relevância, tendo em vista que são as planícies fluviais os ambientes interioranos, sobretudo no semi-árido nordestino, os mais valorizados em função de suas potencialidades naturais quanto à ocupação e à exploração dos recursos existentes (MAIA, 2005). Dessa forma, ocorre elevada pressão sobre esses ambientes.

O baixo vale do Jaguaribe compõe parte de todo um conjunto que é resultado de processos que ocorrem a centenas de quilômetros à montante. Os sedimentos que compõem esta micro-região têm sua origem no alto e médio curso do rio, principalmente, bem como de suas sub-bacias do rio Salgado e Banabuiú.

Através da erosão de rochas pré-existentes que sofreram intemperização, o material desagregado é transportado por processos areolares e depositados nos leitos fluviais. O baixo Jaguaribe é receptor de todo o deflúvio das sub-bacias à montante, que equivalem a uma área que corresponde à metade do Estado do

Ceará. De acordo com Cavalcante (2001), a contribuição no que diz respeito à descarga sólida que o rio Jaguaribe fornece ao baixo curso é da ordem de 43.770 t/ano, sendo cerca de 1.484 toneladas no período de estiagem e 42.286 toneladas no período chuvoso (valores encontrados para o período de 1999 - 2000).

O rio Jaguaribe disseca a vertente oeste da bacia potiguar no seu médio curso, de forma a produzir um recuo das camadas sedimentares, do qual resulta um relevo tabular do tipo chapada, com características suavemente cuestasiformes, dado o mergulho das camadas da bacia sedimentar em direção ao oceano atlântico.

A partir dessa dissecação, ocorre uma escarpa do tipo front de cuesta, que se acha voltada para o estado do Ceará, a leste, delimitada pela depressão periférica criada pelo vale do rio Jaguaribe. A altitude média da escarpa que delimita o front da cuesta/chapada do Apodi é da ordem de 100m. A projeção da continuidade pretérita dessa escarpa, em direção a oeste, indica que as camadas sedimentares que delimitam o topo da bacia do Apodi – o arenito Açú na base e o calcário Jandaíra como camada superior - se estendem por vários quilômetros dentro do território cearense, recobrando a superfície de aplainamento cretácea que se desenvolvem no período pós-rift no contato com a fossa do Apodi (CLAUDINO-SALES, 2002).

Tal indicação topogeomorfológica evidencia que o rio Jaguaribe produziu o recuo de muitos quilômetros do *front* da cuesta em direção a leste, desde o início da sua atividade geomorfológica até os dias atuais. Considerando o predomínio, sobretudo de climas secos a partir do Cretáceo no Nordeste brasileiro (PEULVAST E CLAUDINO SALES, 2006), pode-se supor que tal erosão foi realizada de forma lenta ao longo do tempo geológico. Dessa forma, considera-se que o rio Jaguaribe vem realizando seu trabalho de esculturação da borda oeste da bacia do Apodi durante longo intervalo de tempo (CLAUDINO SALES, 2002), - possivelmente desde o Terciário, talvez mesmo desde o início desse período. Trata-se, portanto, de um rio que tem importância geomorfológica extrema na esculturação da paisagem pretérita de toda a parte setentrional leste do Estado do Ceará, incluindo a zona costeira, com episódios de migração de sua foz ao longo do Quaternário (MAIA, 1993; CLAUDINO SALES, 2002).

Os episódios de migração da foz do rio Jaguaribe ao longo do Quaternário são explicados de acordo com a variação do nível do mar.

Maia (1993) escreve que nos processos transgressivos, a velocidade de elevação do nível do mar ocorre de forma irregular, produzindo diversos níveis de terraços na plataforma continental, cuja origem estaria associada a períodos de estabilização do nível do mar.

Segundo Bittencourt *et al* (1979), no Quaternário, o nível do mar atingiu sua elevação máxima - em torno de 5m - há 5,1 ka A.P. Esse evento erodiu e afogou durante seu ápice a planície pleistocênica. Dessa maneira, a rede de drenagem que havia se instalado sobre a plataforma e sobre os terraços marinhos pleistocênicos, favorecida pela acentuada descida do nível de base do estágio anterior com nível de mar baixo, foi afogada, da mesma maneira que os vales escavados anteriormente. O vale do rio Jaguaribe foi, nesta ocasião, também invadido pelo mar, formando um amplo terraço com 5 m de altitude que se prolonga paralelo ao curso atual do rio até as proximidades da cidade de Itaiçaba (MAIA, 1993).

Em algum momento do Holoceno, a desembocadura do rio Jaguaribe localizava-se próximo à praia de Canoa Quebrada, fato atestado pela presença de uma linha de *beach rocks* (MAIA, 1993). Gradativamente, durante a regressão que ocorreu após 5,1 ka, a foz do rio começou a migrar para NW, empurrado pela deriva litorânea e por dunas móveis. O nível do mar teria subido novamente por volta de 2,6 ka, seguido de nova regressão (BITTENCOURT *et al*, 1979), fatos que teriam acelerado o processo de migração na direção da foz atual (MAIA, 1993).

Capítulo 04

4. COMPARTIMENTAÇÃO DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS NA ÁREA DE PESQUISA

A partir da concepção sistêmica, foi designado o conjunto dos componentes, processos e sistemas do meio ambiente físico na área de estudo. Cada sistema é dotado de potencialidades e limitações de usos específicos dos recursos: são as chamadas unidades geoambientais, apresentadas neste capítulo.

O contexto geoambiental (capítulo 2) serviu de base na compartimentação geoambiental apresentada a seguir, visto que, tais unidades são diferenciadas uma das outras de acordo com as características geológico-geomorfológicas, o contexto hidroclimático e os aspectos pedológicos e de cobertura vegetal.

As unidades geoambientais ou geoecológicas são caracterizadas por uma determinada interação entre os componentes naturais e possuem uma homogeneidade relativa de suas propriedades naturais (RODRIGUEZ *et al*, 2004). O “Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Ceará” (CEARÁ, 2006), define unidade geoambiental enquanto porção do território com elevado grau de similaridade entre as características físicas e bióticas, podendo abranger diversos tipos de ecossistemas com interações funcionais e forte interdependência.

O recorte geomorfológico aqui apresentado, ou seja, o estuário do rio Jaguaribe, apresenta um conjunto de feições geoambientais. Além do ambiente estuarino em si e sua planície flúvio-marinha com os manguezais, na área são encontradas as seguintes unidades geoambientais: a planície litorânea e suas subunidades (faixa de praia e pós-praia, superfície de deflação, campos de dunas atuais e subatuais, paleofalésia, falésias atuais, flechas litorâneas) e os tabuleiros costeiros.

4.1. PLANÍCIE LITORÂNEA

De forma geral, no Estado do Ceará, a planície litorânea apresenta morfogênese subordinada a processos de acumulação e erosão. As formas de relevo mais típicas dessa unidade ao longo de toda a zona costeira do Ceará são: a praia, o pós-praia, dunas atuais e subatuais, falésias, sistemas lacustres, “beach

rocks” (rochas de praia), barras litorâneas, além da existência de afloramentos do embasamento cristalino. Ao longo do processo evolutivo, as planícies litorâneas foram e continuam sendo modeladas pela ação dos ventos, correntes, marés e ondas (CLAUDINO SALES, 2002; VIDAL 2006).

A faixa de *praia* ou *estirâncio* representa a porção de terra coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescidas das faixas subseqüentes de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural ou, em sua ausência, onde comece outro elemento (CEARÁ, 2006). Esse outro elemento é o *pós-praia* ou *berma* - porção horizontal mais ao continente constituído por material arenoso e formado pela ação das ondas e em condições do nível do mar atual. Em geral, no nosso estado, apresenta-se bastante estreita e margeando toda a faixa de praia (MAIA, 1993).

Na área de pesquisa, na margem direita da foz do rio Jaguaribe nota-se uma extensa faixa de praia desde Canoa Quebrada à desembocadura do rio Jaguaribe. São definidas as faixas de praia e berma (figura 10). A ocupação nesse trecho é praticamente inexistente, conservando assim suas características naturais (figura 25).



Figura 10: Margem direita foz do rio Jaguaribe, extensa faixa de praia e pós-praia, delimitada em direção ao continente por duna frontal.

Dispostas paralelamente às *praias* em vários trechos do litoral cearense encontram-se as barreiras. São formadas pela energia das ondas, sendo necessário para isto, grande suprimento de areias e lugar de acomodação. De acordo com a tipologia (CLAUDINO-SALES, 2002), podem ser classificadas enquanto ilhas barreiras, cordões litorâneos, duplas flechas fluviais e flechas litorâneas. Na área de

estudo, elas ocorrem na forma de flechas litorâneas (figura 11).

No caso destas feições vinculadas à foz do rio Jaguaribe (figura 25), observa-se que a energia derivada das correntes fluviais é quase nula devido aos barramentos, assim os depósitos são caracteristicamente controlados pelas correntes e ondas (CEARÁ, 2006).



Figura 11: Flecha litorânea localizada na margem esquerda da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe.

Em direção ao continente, a partir do berma e até a base dos campos de dunas, ocorre a planície de deflação (figura 12). São superfícies planas e horizontais, ou ligeiramente inclinadas, que trabalhadas pelo vento fornecem sedimentos para a edificação das dunas (CEARÁ, 2006).

Com efeito, as planícies de deflação formam superfícies alongadas e relativamente extensas e planas (CEARÁ, 2006). Esta planície vai sendo erodida e rebaixada pelo vento, até atingir as proximidades do nível do lençol de água.



Figura 12: Planície de deflação na margem direita da desembocadura fluvial do Jaguaribe/Ceará.

As *dunas* são depósitos de sedimentos tipo areia, acumulados pelo vento (agente único). Para a sua formação é fundamental que a velocidade do vento e a disponibilidade de areias praias de granulometria fina sejam adequadas para o transporte eólico (MUEHE, 1994). Para o seu desenvolvimento, é necessário que as areias de porções secas das praias sejam sopradas em direção ao continente até que a energia do vento se dissipe ou uma barreira física, por exemplo, a vegetação, cause a deposição dos grãos de areia (HESP, 2002).

As grandes famílias de formas dunares no Estado do Ceará são as móveis, fixas, semifixas e as formas de deflação (CLAUDINO SALES, 2002).

As dunas móveis não apresentam cobertura vegetal, ou ocorrem em sua superfície apenas espécies pioneiras e de pequeno porte. São instáveis e migratórias. Podem ser classificadas em: dunas longitudinais (dispostas paralelamente ao vento principal, que tem direção preponderante de E – SE); barcanas (com formato de *croissant* com os *braços* voltados ao vento); parabólicas (forma de *croissant* com braços contrários ao vento); dunas de arraste ou “*trailing dunes*” (são traços de migração de dunas); barcanóides transversais (ocorrem em conjunto); e os lençóis de areia ou os “*sandsheets*” (acumulações de areia livre sem forma definida).

As dunas semifixas, apresentam certo grau de estabilidade mais possuem dinâmica. Podem ser dunas frontais, que representam as primeiras dunas que se formam a partir da faixa de praia (figura 09) e preserva a antepraia do processo erosivo; as *nebkas*, que são montículos cobertos por vegetação psamófila na

planície costeira e, as parabólicas, que possuem o “*front*” mais ou menos móvel e braços semifixos, contam com presença de lagoas entre dunas nas áreas de deflação.

As dunas fixas são os depósitos que não possuem dinâmica. São os depósitos eólicos recobertos por vegetação de porte arbóreo/arbustivo, sem forma definida, pois a cobertura vegetal e solo mascaram as formas. São dunas inativas, paleoformas, que representam a maior parcela das dunas do Ceará. Ocorrem ainda as parabólicas *hairpin*, em formato de grampo de cabelo, que se acredita que devam evoluir a partir de dunas parabólicas semifixas e blowouts.

As dunas desempenham um papel ambiental importante, pois são formadas por sedimentos bem classificados, areias finas a médias, criando assim um alto grau de permeabilidade, permitindo a infiltração e o abastecimento do lençol freático. Além disso, essas formas fornecem sedimentos para a zona costeira e litorânea, construindo um balanço sedimentar fundamental, já que a falta de sedimento leva à erosão e o excesso de sedimentos ao assoreamento. Assim, as dunas vêm equilibrar essa dinâmica.

A margem direita da desembocadura do rio Jaguaribe possui o campo de dunas móveis contínuo mais expressivo do estado do Ceará. São observadas barcanóides, *shansheets*, dunas de precipitação (isto é, dunas transgressivas, que migram recobrando qualquer obstáculo no terreno), *rebdous* (figura 13), - morro dunar vegetalizado esculpido pela deflação (CLAUDINO-SALES, 2002) e as dunas frontais (ver figura 10).



Figura 13: *Rebdou* visualizado na margem direita da foz do rio Jaguaribe.

Podem ser definidas duas gerações de dunas (figura 25). Uma mais recente que está em atividade migratória, se precipitando sobre as áreas de manguezal (figura 14 A) e avançando sobre uma geração mais antiga, já estabilizada (figura 14B).

Esses depósitos eólicos integram a “Área de Proteção Ambiental de Canoa Quebrada”. A APA é uma Unidade de Conservação – UC. A UC de Canoa Quebrada está incluída na categoria de Unidade de Uso Sustentável, nas quais é permitido o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais, em compatibilidade com a conservação da natureza.

As Unidades de Conservação são definidas enquanto espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes. São legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, aos quais se aplicam garantias adequadas de proteção (definição dada pela Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC).

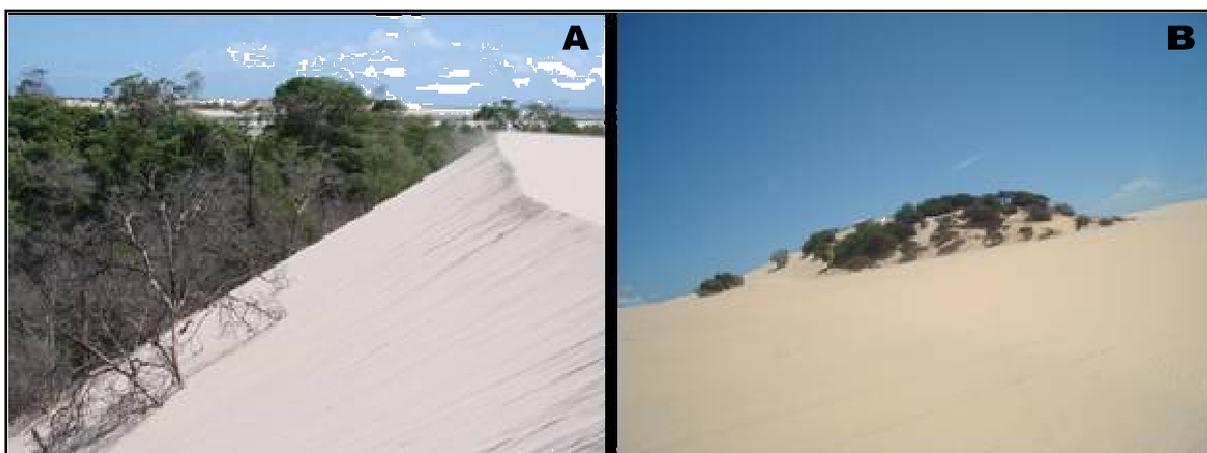


Figura 14: Na figura A vê-se uma duna de precipitação no contato com o manguezal do rio Jaguaribe. Á figura B apresenta *Sandsheets* recobrindo dunas fixas mais antigas no campo de dunas localizados nas proximidades da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe.

A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa. Possui certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade

biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (SNUC, 2000).

A APA de Canoa Quebrada é uma das 59 (cinquenta e nove) UC's distribuídas pelo estado do Ceará (SEMACE, 2007). A administração desta APA é de responsabilidade municipal, tendo sido criada pela Lei nº 40/98 de 20 de março de 1998, com uma área de 4000 ha, localizando-se a nordeste do município de Aracati. Abrange unidades do ecossistema costeiro e do complexo vegetacional litorâneo.

Outra feição bem marcante no litoral do estado são as lagoas, as quais podem ser classificadas em litorâneas ou lagunas (formadas por água marinha) e costeiras (compostas pela interação das águas continentais fluviais e freáticas) (CLAUDINO SALES, 2002). Na área elas estão representadas na planície de deflação. Nestas superfícies predomina a remoção de sedimentos pelos processos eólicos e o afloramento do lençol freático nas depressões de deflação.

Neste estágio, a umidade, que pode ascender, inclusive, por capilaridade (figura 15), acaba por impedir a continuidade da migração dos sedimentos. Em outros setores, o lençol freático garante a existência de lagoas que tendem a serem intermitentes.



Figura 15: Ocorrência de lagoas na planície de deflação, margem direita da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe.

O recorte geomorfológico estudado apresenta ainda uma linha de falésias ativas (figura 25), modeladas em sedimentos atuais de praias e dunas na margem esquerda do rio, próximo da sua desembocadura (figura 16). Ocorre, ainda, uma

ponta litorânea: o Pontal de Maceió (figura 25), no qual foram modeladas falésias ativas (figura 17).

As pontas litorâneas são protuberâncias em direção ao mar. No Ceará, elas podem ser cristalinas, como por exemplo, a ponta do Iguape, Mucuripe, Pecém e Jericoacoara, representantes de locais de ruptura do Gondwana (CLAUDINO SALES, 2005). Podem ser ainda sedimentares, modeladas na Formação Barreiras, na Formação Tibau e em beachrocks. Temos o exemplo do Pontal do Maceió (Formação Tibau), além das pontas da Taíba, Paracuru, Lagoinha, Camocim (Formação Barreiras). O pontal do Maceió representa, portanto, o único afloramento em área litorânea da Formação Tibau no Estado do Ceará.



Figura 16: Linha de falésias ativas nas proximidades do Pontal de Maceió, margem esquerda foz do rio Jaguaribe.



Figura 17: Pontal de Maceió, falésia ativa trabalhada em arenitos da Formação Tibau.

4.2. AMBIENTE ESTUARINO

É constituído pelo próprio canal do rio e pela vegetação que ocorre em ambos os lados do canal. Neste ambiente, ainda estão incluídos bancos de areia e ilhas, planície de inundação flúvio-marinha, afluentes, gamboas e meandros abandonados com lagoas (CEARÁ, 2006).

Os estuários compreendem ecossistemas de grande produtividade ecológica e econômica, os quais vêm na atualidade passando por modificações na sua composição geográfica natural (MENEZES et al, 2003). São corpos de água costeiros semi-fechados, com livre comunicação com o mar, onde a água salgada se mistura com a água doce do rio.

Os estuários são conectados ao oceano por um canal principal e caracterizam-se pela presença da ação da maré por toda sua extensão. Por isso mesmo este termo é derivado da palavra latina *aestus* e *aestuarium* que são, respectivamente, o nominativo e o genitivo relativos à maré (MORAIS, 1996). Eles se estendem da foz do rio, ou de uma indentação na costa, até o limite máximo de influência da maré, dividindo o seu curso em três partes – o baixo estuário, que é a região dominada por água do mar; o médio estuário, quando há mistura das águas; e o alto estuário, quando domina a água doce, mas sujeito à influência da maré (e.g. MORAIS, 1996).

Alguns dos estuários atuais podem até transformarem-se em deltas, dependendo da taxa de sedimentação que possuam. Apenas os que encontram águas costeiras sob ação intensa de marés e ondas suficientemente capazes de dispersar os sedimentos permanecem, de fato, como estuários. Dependendo da amplitude da maré e da descarga do rio, fatores essenciais que determinam até que ponto a maré pode penetrar à montante, os estuários se classificam em três tipos principais: são os de cunha salina, os parcialmente misturados e os bem misturados (MORAIS, 1996).

Entendida muito mais que como a parte terminal de um rio, ou o encontro do rio com o oceano, o sistema estuarino associa unidades geoambientais de extrema importância - trata-se da planície flúvio-marinha ocupada por manguezais (figura 18) e por salgados e/ou apicuns.

A planície flúvio-marinha é a superfície plana de um estuário, que se situa entre o nível médio da maré baixa de sizígia e o nível médio de maré alta equinocial

(MELLO, 2005; CEARÁ, 2006).

As porções mais baixas são cobertas, pelo menos duas vezes por dia, por água salgada, por estarem situadas entre as marés baixa e alta, e são formadas por solo tipicamente argiloso, rico em matéria orgânica e mostram-se ocupadas pelos mangues. As áreas topograficamente mais elevadas que as dos manguezais e que são atingidas pelas águas marinhas apenas duas vezes no período de um mês, durante as marés de sizígia, são reconhecidas com “salgados” ou apicuns. Estas duas áreas compõem uma unidade geoambiental denominada de planície flúvio-marinha (LEAL, 2003).



Figura 18: Planície flúvio-marinha ocupada por manguezal, na margem direita do rio Jaguaribe.

Dessa maneira, as áreas ocupadas por *apicum* são alagadas periodicamente pelas oscilações de maré, que deixam sobre seu solo arenoso um tapete de fitoplâncton (algas e bactérias), que atuam como início da cadeia alimentar que mantém todo o ecossistema. O apicum quase não tem vegetação, no entanto, ele evolui e é tomado por vegetação de mangue na dinâmica que move as relações entre os componentes do ecossistema manguezal. Apresenta-se ainda como uma formação de transição entre o manguezal e ecossistemas adjacentes (MELLO, 2005; CEARÁ, 2006).

De acordo com a Resolução nº. 303/2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o ecossistema manguezal é um "ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos a ação das marés, formado por vazas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de

regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina" (MELLO, 2005).

Diversos trabalhos (a citar: SILVA, 1993; MELLO, 2005) destacam diversas funções do manguezal, entre elas, cita-se: fonte de detritos (matéria orgânica) para as águas costeiras adjacentes, constituindo a base da cadeia trófica de espécies de importância econômica e/ou ecológica; área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de espécies marinhas, estuarinas, límnicas e terrestres; pontos de pouso (alimentação e repouso) para diversas espécies de aves migratórias, ao longo de suas rotas de migração; manutenção da diversidade biológica da região costeira; proteção da linha de costa, evitando erosão da mesma e assoreamento dos corpos d'água adjacentes; controlador de vazão e prevenção de inundações e proteção contra tempestades.

Integrando esse ecossistema e desempenhando importantes papéis somam-se as gamboas, os canais de marés e os bancos de areia (figura 19).



Figura 19: Gamboas e canais de marés, integrantes importantes do ecossistema manguezal, visualizados na Ilha Grande, margem direita da foz do rio Jaguaribe. A seta vermelha indica gamboas e a azul, canal de maré.

As gamboas correspondem a canais estreitos distribuídos em grande quantidade dentro do bosque de mangue, responsáveis pela distribuição e processamento de nutrientes que fornecem a base para a cadeia alimentar do ecossistema (MELLO, 2005). Os canais de marés são canais mais largos, distribuídos ao longo do estuário e entre os componentes do manguezal. Conduzem as sementes da vegetação de mangue e os nutrientes produzidos ao longo do ecossistema, orientando sua expansão. Os bancos de areias são um volume móvel de sedimentos entre os canais de maré e as gamboas, que pode evoluir para áreas

de apicuns e, conseqüentemente, para bosques de mangue (CEARÁ, 2006).

Ilhas flúvio-marinhas também integram a planície flúvio-marinha estudada – trata-se das ilhas do Pinto e do Caldeireiro (figura 20), situadas a aproximadamente 7 km da foz do rio, e que juntas ocupam uma área de 23,5 km². A origem dessas ilhas pode estar ligada à própria sedimentação flúvio-marinha. Apresentam-se colonizadas por denso manguezal (figura 25). Ocorrem ainda bancos de areia, na forma de volume móvel de sedimentos entre os canais de maré e as gamboas, que podem evoluir para áreas de apicuns e, conseqüentemente, para bosques de mangue.



Figura 20: Vista aérea das ilhas flúvio-marinhas do Pinto e do Caldeireiro, desembocadura fluvial do Jaguaribe/Ceará.

4.3. TABULEIROS COSTEIROS

Tratando das formas presentes na faixa costeira, os tabuleiros costeiros possuem morfologia plana, na forma de um *glacís* suavemente inclinado em direção ao mar, na ordem de 5° (SOUZA, 1988). Cobertos por mata de tabuleiros sofrem ação dos canais fluviais que dissecam o depósito e criam desníveis que quebram a sua horizontalidade (SOUZA, 2002).

Os tabuleiros costeiros se dispõem da planície litorânea em direção ao interior do continente, constituídos por sedimentos Tércio-quartenários da Formação Barreiras. Podem penetrar até cerca de 40 km, em média, para o interior do continente, segundo Souza (1988).

Na margem esquerda do rio Jaguaribe, as cotas dos tabuleiros costeiros variam de 25 a 32 metros, formando um paredão quase contínuo desde as proximidades da desembocadura até Aracati (figura 21).

Esse paredão fluvial resulta da dissecação da Formação Barreiras pela ação fluvial exercida pelo rio Jaguaribe (figura 25), e sofre ainda a abrasão produzida por ondas que se formam nos períodos de marés altas. A ocorrência desse paredão na margem esquerda do rio é testemunho da migração permanente do curso fluvial em direção a oeste ao longo do Quaternário, de forma a solapar a base do afloramento da Formação Barreiras no contato com as águas.



Figura 21: Paredão fluvial trabalhado em sedimentos da Formação Barreiras, margem esquerda do rio Jaguaribe, município de Fortim.

A sede do município de Fortim situa-se sobre os tabuleiros costeiros que constituem a porção mediana da margem esquerda do estuário do rio Jaguaribe. No entanto, próximo à foz deste corpo hídrico, sua porção inferior expõem rochas de natureza arenítica, consolidadas, pertencentes à Formação Tibau (figura 22 e 25) (CEARÁ, 2006).

Na zona litorânea a Formação Barreira é comumente trabalhada na forma de falésias, que são formadas pela ação erosiva das ondas sobre formações geológicas com níveis topográficos mais elevados que as praias atuais, e que recuam formando escarpas. Podem ser consideradas vivas ou mortas, conforme a erosão marinha esteja atuando ou não (CEARÁ, 2006). No processo de recuo as falésias deixam à frente plataformas de abrasão que testemunham o seu relevo.



Figura 22: Pedra do Chapéu, Formação Tibau trabalhada pelo rio Jaguaribe, em sua margem esquerda, município de Fortim.

Na área de estudo os sedimentos da Formação Barreiras são trabalhados na forma de falésias inativas ou mortas (figura 23 e 25). Assim como plataformas de abrasão e planícies litorâneas, as falésias resultam diretamente das mudanças do nível do mar.



Figura 23: Linha de paleofalésia trabalhada em sedimentos da Formação Barreiras, localidade de Maceió, Fortim – proximidades na margem esquerda da foz do rio Jaguaribe. À frente da paleofalésia evoluiu uma planície litorânea moderna.

Se a observação das paleofalésias incidisse apenas no elemento coloração, poderia haver um erro, levando a interpretar essas feições enquanto

paleodunas, fato que, com efeito, tem ocorrido sistematicamente na produção científica e técnica local. No entanto, uma análise mais detalhada mostra a presença de grãos de quartzo com granulometria variando de seixos a cascalhos (figura 24), negando a formação desta feição apenas por trabalho eólico.



Figura 24: Presença de seixos de quartzo, caracterizando as paleofalésias da localidade de Maceió, Fortim – proximidades da margem esquerda da foz do rio Jaguaribe.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

MESTRADO EM GEOGRAFIA

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR



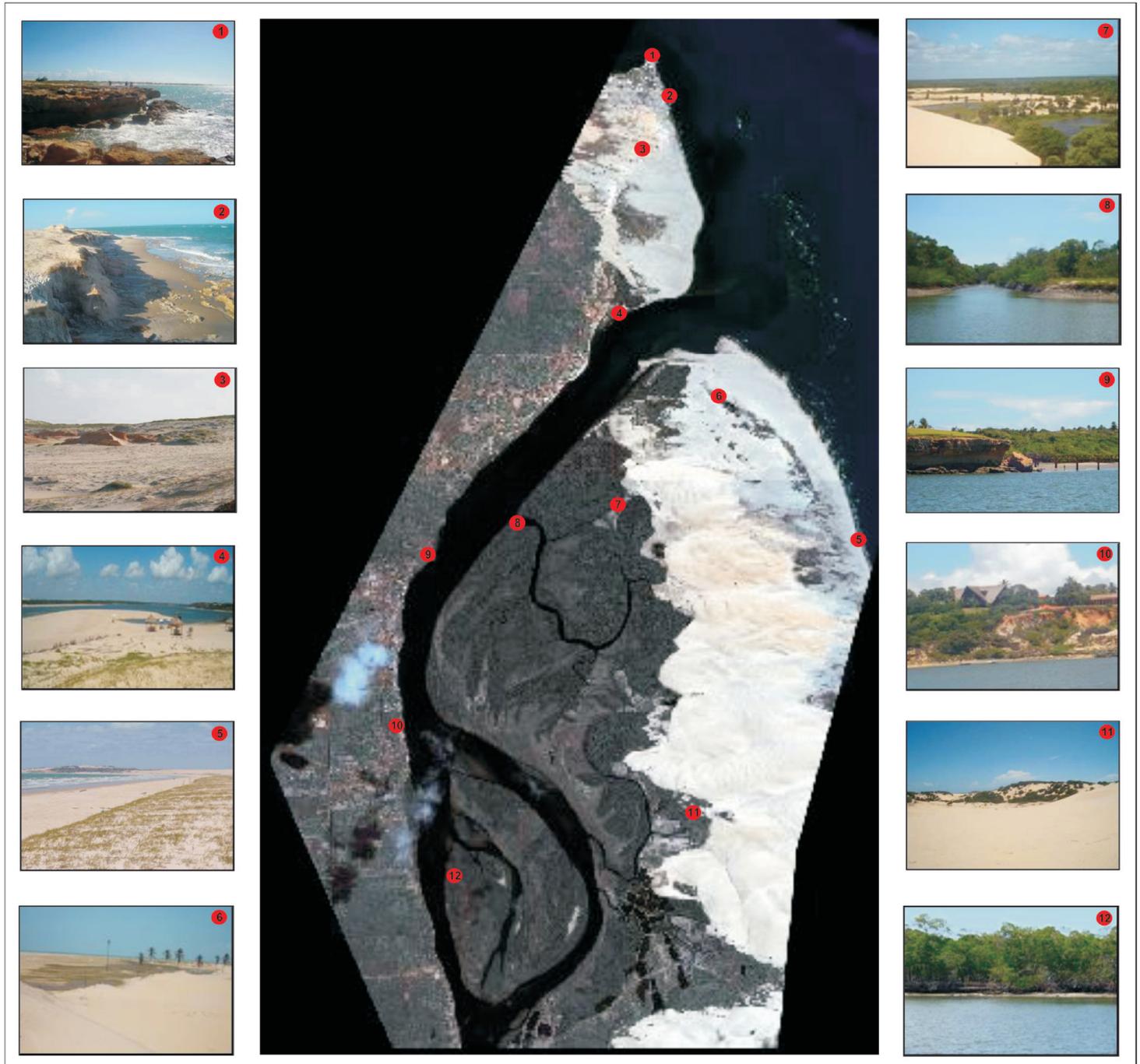
Evolução Geomorfológica Atual e Análise Ambiental da Foz do Rio Jaguaribe/Ceará

Maria de Lourdes Carvalho Neta

Profª. Drª. Vanda Claudino - Sales (Orientadora)

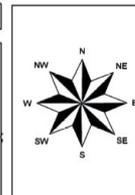
FIGURA 25:

FOTO IMAGEM: ESPACIALIZAÇÃO DAS FEIÇÕES NATURAIS DA ÁREA DE PESQUISA - FOZ DO RIO JAGUARIBE/CE



LEGENDA

- | | |
|--|---|
| 01: Pontal do Maceió (Formação Tibau trabalhada na forma de falésias ativas) | 07: Dunas móveis avançando sobre lagoas e planície flúvio-marinha, na margem direita; |
| 02: Falésias ativas trabalhadas em sedimentos atuais de praias e dunas; | 08: Gamboa - importante integrante do ecossistema manguezal; |
| 03: Paleofalésias - testemunhos de transgressão marinha; | 09: Pedra do Chapéu - exposição da Formação Tibau na margem esquerda do rio; |
| 04: Flechas litorâneas; | 10: Paredão fluvial que bordeja quase a totalidade da margem esquerda do rio Jaguaribe; |
| 05: Faixa de praia e dunas frontais na margem direita da foz do rio Jaguaribe; | 11: Dunas subatuais sendo cobertas por dunas mais recentes; |
| 06: Área de deflação com ocorrência de lagoas e carnaúbas; | 12: Vegetação de mangue na ilha flúvio-marinha do Pinto. |



Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator
 Datum Geodésico Horizontal: SAD - 69
 Escala 1:80.000
 1,0km 0 1,0 2,0 3,0km

BASE CARTOGRÁFICA
 Imagem do satélite QuickBird datada de 2004

REGISTROS FOTOGRAFICOS E EXECUÇÃO TÉCNICA
 Maria de Lourdes Carvalho Neta

Capítulo 05

5. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA FOZ DO RIO JAGUARIBE

Na perspectiva de avaliar temporalmente o comportamento das unidades geoambientais existentes na desembocadura fluvial do rio Jaguaribe, utilizamos modernas técnicas de sensoriamento remoto para a confecção de cartas temáticas e produção de informações geográficas. Através de fotografias aéreas e imagens de satélites, buscamos a análise espaço temporal do recorte geomorfológico proposto – a foz do rio Jaguaribe. A escolha dos períodos de análise deu-se tanto pela disponibilidade de material, quanto por se tratar de períodos que marcam o avanço das ações humanas nos sistemas naturais.

O ano de 1968 é apresentado com base no vôo aerofotogramétrico executado pelos Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A., na escala de 1:70.000, além de mapa da DSG-SUDENE, na escala de 1:100.000 datado de 1972, gerado a partir dessas fotografias. O produto utilizado foi conseguido junto aos arquivos da CPRM, com codificação 1816, em meio analógico.

O ano de 1988 baseia-se no vôo aerofotogramétrico realizado pelo Programa de Desenvolvimento do Sistema Fundiário Nacional – PDSFN, na escala de 1:32.500. O material do ano em questão foi fornecido pelo IDACE, também em meio analógico, sendo utilizadas as fotografias aéreas da faixa 14 D (16, 17 e 18), com medidas 23x23cm.

Para a análise contemporânea foram utilizadas imagens do satélite SPOT 5, com resolução espacial de 10m e imagens captadas pelo *Quickbird*, com resolução espacial de 0,60 m, ambas datadas de 2004 e cedidas pela SEMACE. A checagem de campo, realizada no ano em curso, permitiu identificar o comportamento das unidades definidas pela classificação adotada na pesquisa.

Como resultado, foram gerados produtos cartográficos na escala de 1:50.000 para cada período em análise (1968, 1988 e 2007). Esses produtos foram interpretados e, com o cruzamento destas informações, finalizou-se com a confecção de um mapa, de mesma escala, correspondente à síntese da evolução geomorfológica da área no período proposto, que compreende 40 anos, aproximadamente.

5.1. INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS

5.1.2. Fotografia Aérea 1968

No intuito de facilitar a fotointerpretação do período citado, optou-se em realizar tratamento na fotografia aérea, efetuando-se realce de contrastes e alteração nas cores (figuras 26A e 26B).

As respostas foram melhores na composição colorida, de tal forma que a interpretação foi realizada a partir dessa base colorida, representada pela figura 26B. As águas oceânicas apresentam coloração verde azulado, clareando-se à medida que se aproxima da faixa litorânea. Tal variação decorre da diminuição da profundidade e do aumento na quantidade de sedimentos em suspensão próximo à linha de costa. As águas do curso do rio Jaguaribe apresentam coloração semelhante.

As zonas de praias assumem cores que variam de branco, com areias livres e secas, ao rosa claro, quando o sedimento apresenta alguma umidade ou acha-se ainda sob influência das marés. Os campos de dunas móveis igualmente são marcados por tons claros, variando do branco ao rosa claro, devido à presença de areias inconsolidadas e ausência de vegetação. As áreas de deflação, com lagoas e/ou vegetação rasteira, mostram coloração verde acinzentada.

As dunas mais antigas são encontradas mais afastadas da linha de costa, identificadas por uma mescla de pixels de tom verde médio e branco, com rugosidade.

Utilizando essa composição os tipos de cobertura vegetal estão mais bem diferenciados, com as áreas de planície flúvio-marinha ocupada por manguezais em verde escuro, com rugosidade. As áreas em tons verdes mais claros foram classificadas em planície flúvio-marinha ocupada por salgados e apicuns, não apresentando rugosidade, freqüentemente bordejada por uma estreita faixa de manguezais densos.

A identificação do limite das áreas de tabuleiros, bem como da localização dos núcleos urbanos foi auxiliada pela consulta ao mapa topológico da escala de 1:100.000 da SUDENE, datado de 1972, originado a partir da análise dessa mesma imagem, além de mapas da área produzidos em pesquisas anteriores.

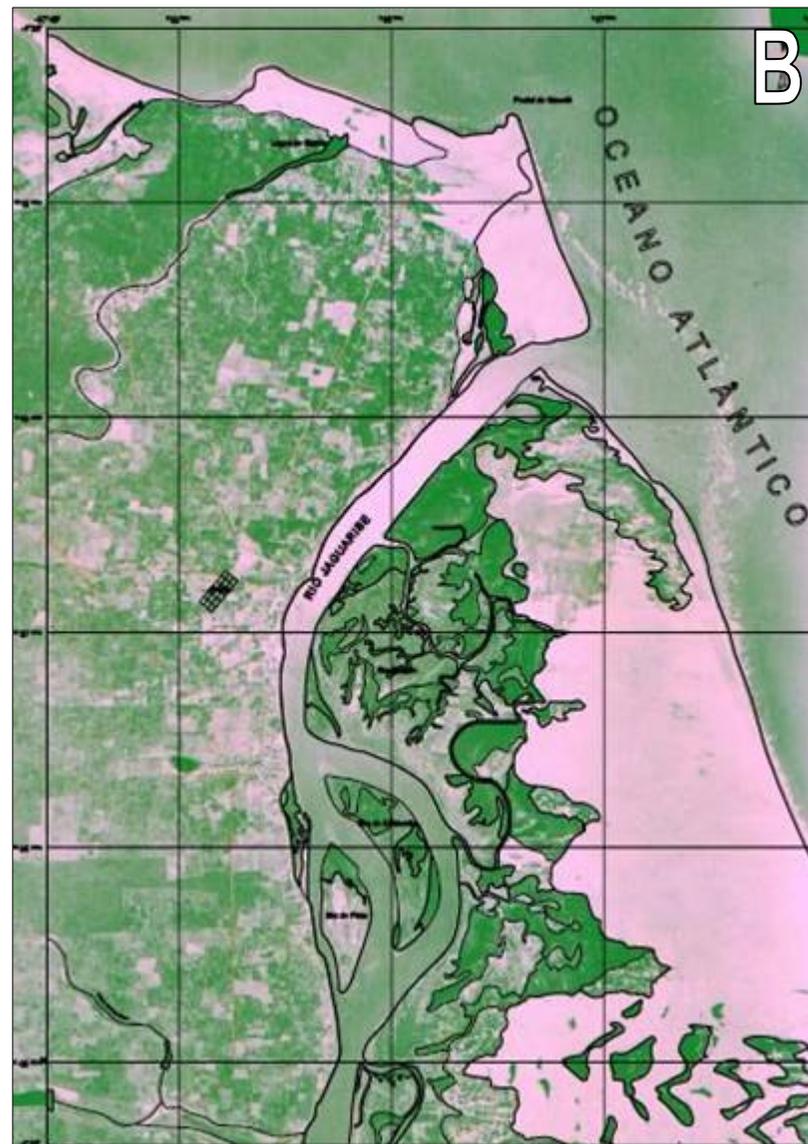


Figura 26: Fotografia aérea do DSG, datadas de 1968. A figura **A** com a coloração original e a **B** após tratamento de cores permitindo individualizar as unidades com mais facilidade e melhor exatidão.

Com base na interpretação aqui apresentada, gerou-se o mapa de unidades geoambientais do ano de 1968, na escala de 1:50.000 (figura 27), contendo as unidades identificáveis: faixa de praia, flechas litorâneas e dunas móveis; áreas de deflação com lagoas; dunas fixas; planície flúvio-marinha ocupada por manguezal; apicum e salgado; tabuleiros costeiros.

5.1.3. Fotografia Aérea 1988

As fotografias aéreas datadas do ano de 1988 sofreram o mesmo processo que as de 1968, no entanto, a tentativa de realce das unidades, com a mudança nos tons de cores, não apresentou o mesmo sucesso, optando-se por efetivar a análise e interpretação nos tons de cinza (figura 28).

A pequena porção lateral da área em estudo não coberta pela faixa de fotografias aéreas foi cartografada com base nas imagens do satélite TM Landsat, datada de 1982. Essa atitude, tomada com o intuito de padronizar o tamanho do recorte geomorfológico estudado, não interferiu nos resultados das interpretações.

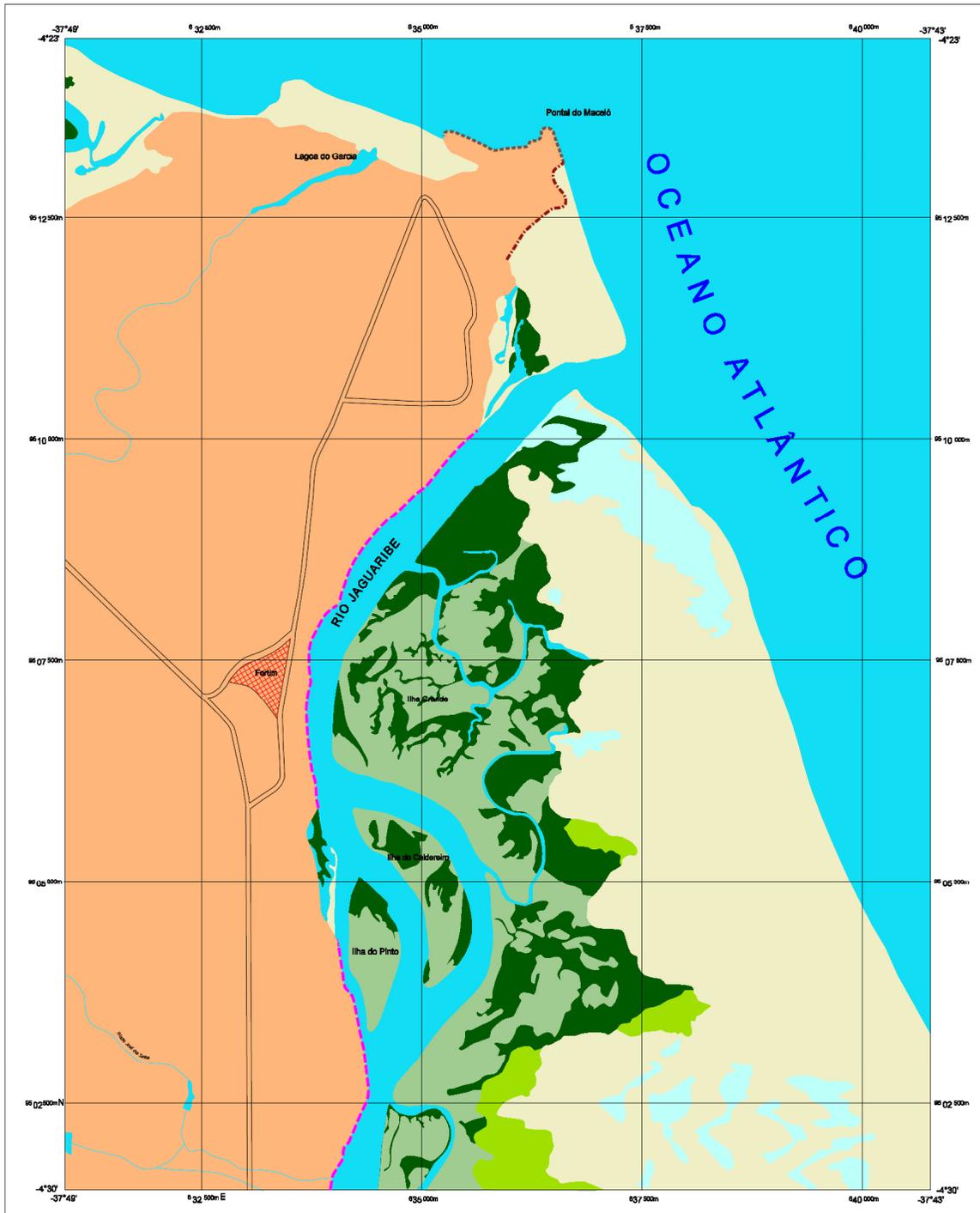
Os recursos hídricos: águas oceânicas, rio Jaguaribe e lagoas, apresentam coloração de cinza médio, com textura lisa, ou seja, sem rugosidade.

As faixas de praia, as flechas litorâneas e os campos de dunas móveis assumem tons que variam de branco, quando com areia livre e seca, a tons de cinza bastante claro, quando há alguma umidade.

As dunas fixas são identificadas por uma mescla de pixels em tons cinza e branca, apresentando rugosidade, onde os pontos cinza indicam a vegetação existente na duna que, livre de vegetação, apresentaria tons tendendo ao branco.

Áreas de deflação com lagoas apresentam coloração variando do cinza escura, por vezes, tendendo ao negro a cinza médio. A perfeita identificação entre esta unidade e o manguezal, dá-se pelo fato de as áreas de deflação apresentar textura lisa.

A planície flúvio-marinha, ocupada por vegetação de manguezal é identificada pela coloração cinza bastante escura, tendendo a negro, com textura rugosa. As áreas de salgados e apicuns são identificadas por sua textura lisa e coloração cinza médio. As áreas de tabuleiros bordejam toda a margem esquerda do rio Jaguaribe, obedecendo à mesma classificação do período anterior (1968).



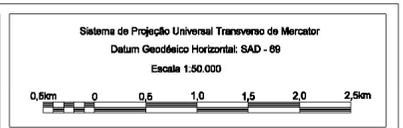
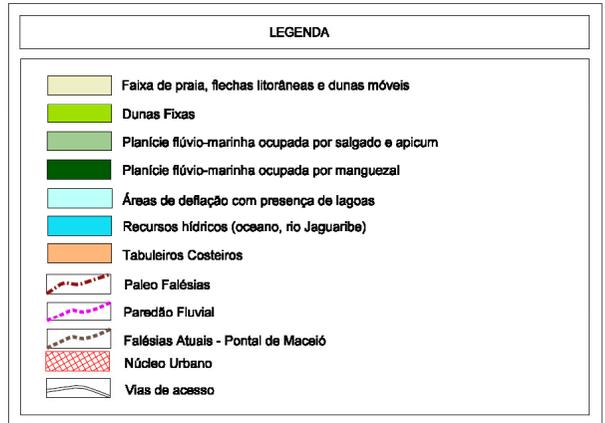
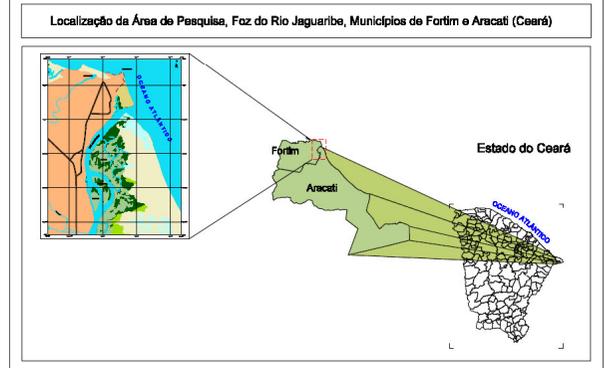
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
MESTRADO EM GEOGRAFIA
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR



Evolução Geomorfológica Atual e Análise Ambiental da Foz do Rio Jaguaribe/Ceará

María de Lourdes Carvalho Neta
Profª. Drª. Vanda Claudino - Sales (Orientadora)

FIGURA 27:
MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA FOZ DO RIO JAGUARIBE/CE (1968)



BASE CARTOGRÁFICA
Fotografias aéreas datadas de 1968
Mapa topográfico de 1972

EXECUÇÃO TÉCNICA
María de Lourdes Carvalho Neta

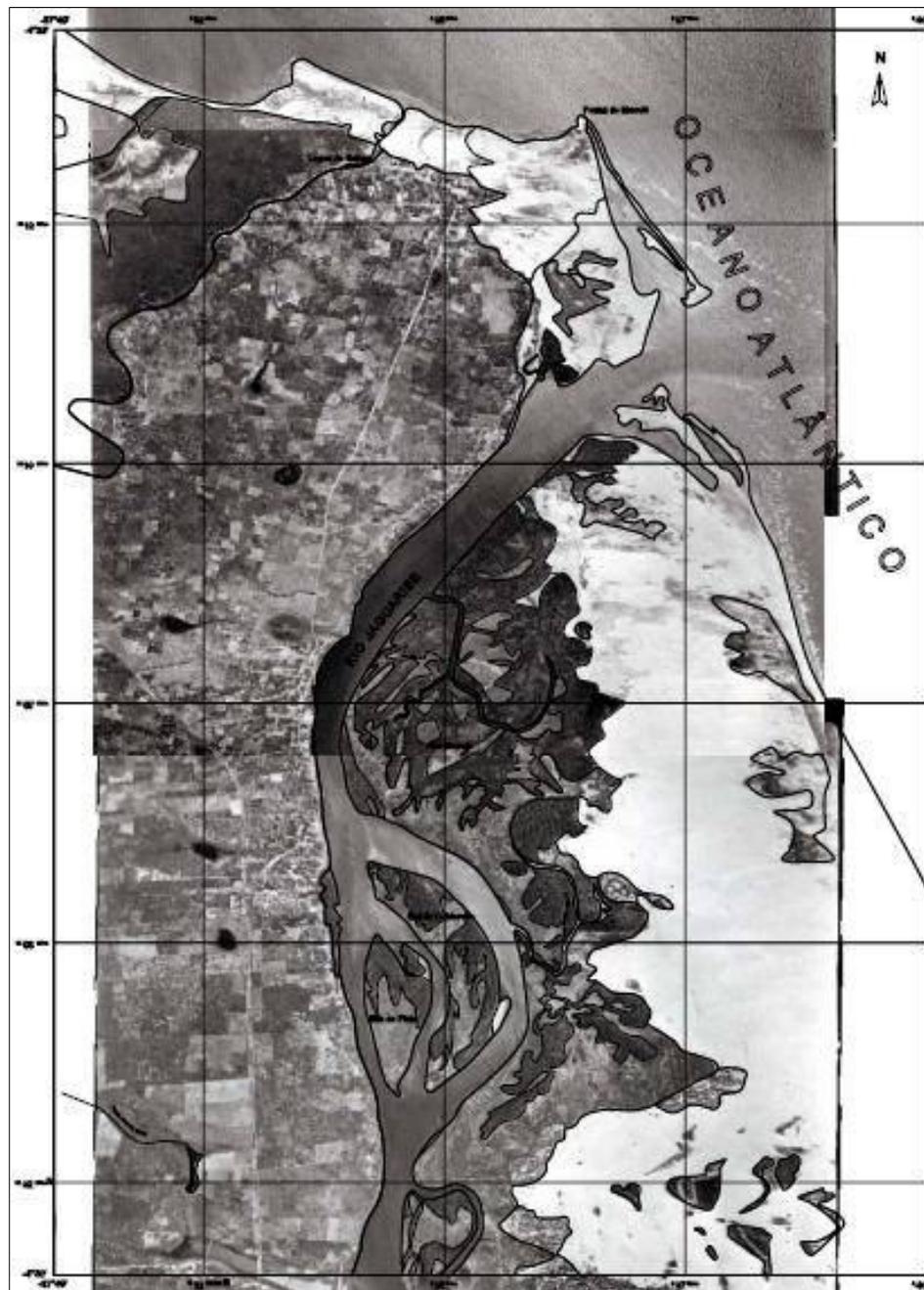
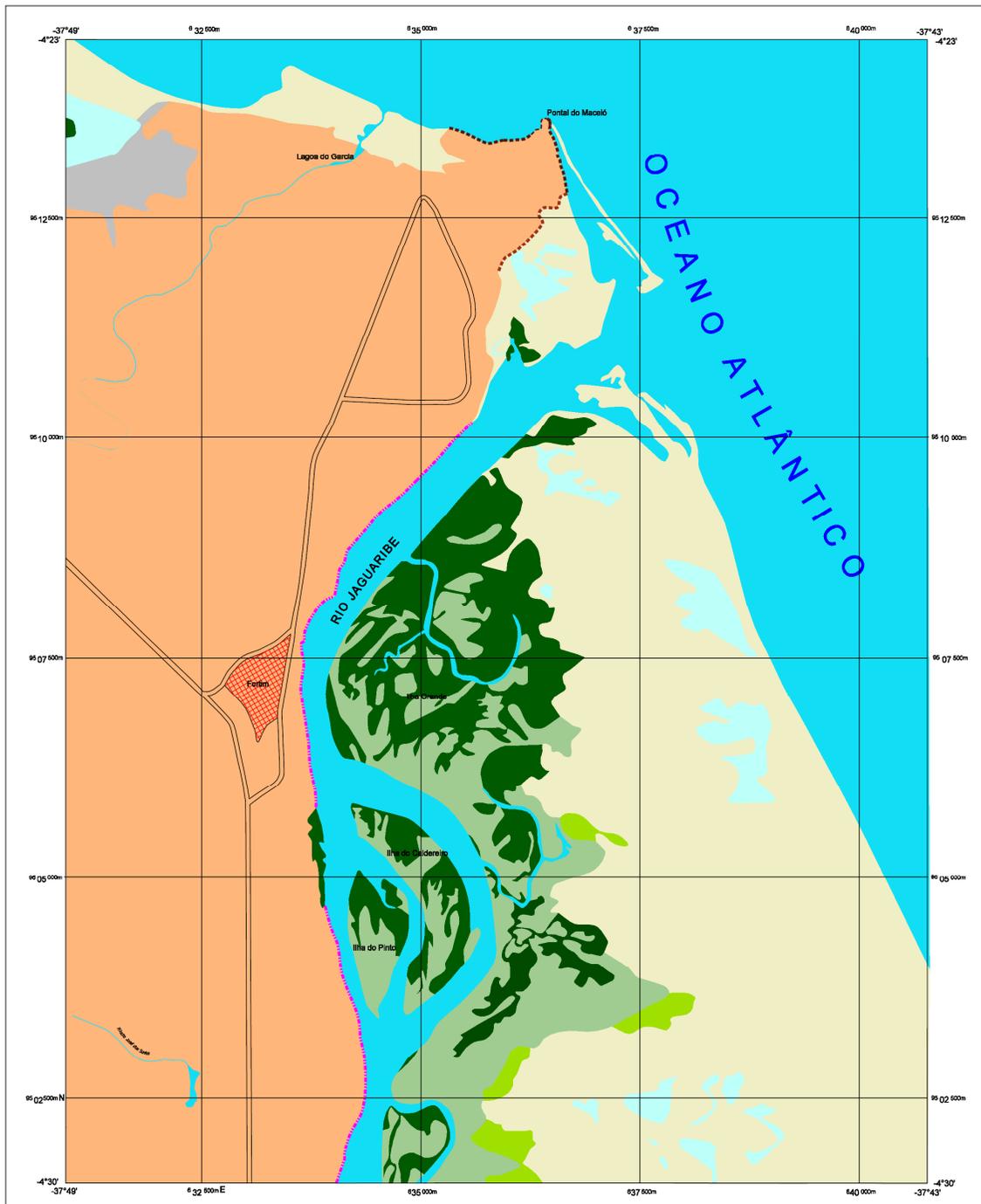


Figura 28: Imagens aéreas datadas de 1988, faixa 14 D (16, 17, 18), base para a elaboração do Mapa de Unidades do mesmo ano.

Com base na interpretação visual das feições foi elaborado o mapa de unidades geoambientais do ano de 1988 (figura 29).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 MESTRADO EM GEOGRAFIA
 COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR

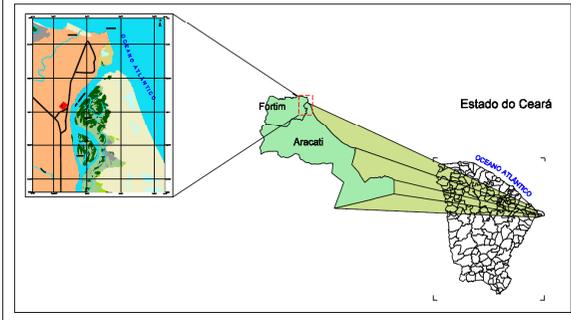


Evolução Geomorfológica Atual e Análise Ambiental da Foz do Rio Jaguaribe/Ceará

María de Lourdes Carvalho Neta
 Prof.ª. Vanda Claudino - Sales (Orientadora)

FIGURA 29:
 MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA FOZ DO RIO JAGUARIBE/CE (1988)

Localização da Área de Pesquisa, Foz do Rio Jaguaribe, Municípios de Fortim e Aracati (Ceará)



LEGENDA

- Faixa de praia, flechas litorâneas e dunas móveis
- Dunas Fixas
- Planície flúvio-marinha ocupada por salgado e apicum
- Planície flúvio-marinha ocupada por manguezal
- Áreas de defloração com presença de lagoas
- Recursos hídricos (oceano, rio Jaguaribe)
- Tabuleiros Costeiros
- Paleo Falésias
- Paredão Fluvial
- Falésias Atuais - Pontal de Maceió
- Núcleo Urbano
- Vias de acesso

Declinação Magnética em 2007
 Convergência Meridiana do Centro da Folha

A Declinação Magnética
 Cresce 5'42" Anualmente

Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator
 Datum Geodésico Horizontal: SAD - 69
 Escala 1:50.000

BASE CARTOGRÁFICA
 Fotografias aéreas datadas de 1988

EXECUÇÃO TÉCNICA
 Maria de Lourdes Carvalho Neta

5.1.4. Imagens de Satélite 2004

Esse período de análise contou com a disponibilidade de produtos obtidos por sensores de alta resolução, tratam-se das imagens de satélite. O georreferenciamento/registro das demais imagens e o tratamento digital foram efetuados a partir da imagem do satélite *quickbird*, com resolução espacial de 60 cm (figura 30A).

A interpretação da imagem de alta resolução possibilitou a identificação dos limites de zonas urbanas, do uso e ocupação do solo, da caracterização dos manguezais, permitindo, também, a visualização das feições marinhas submersas rasas.

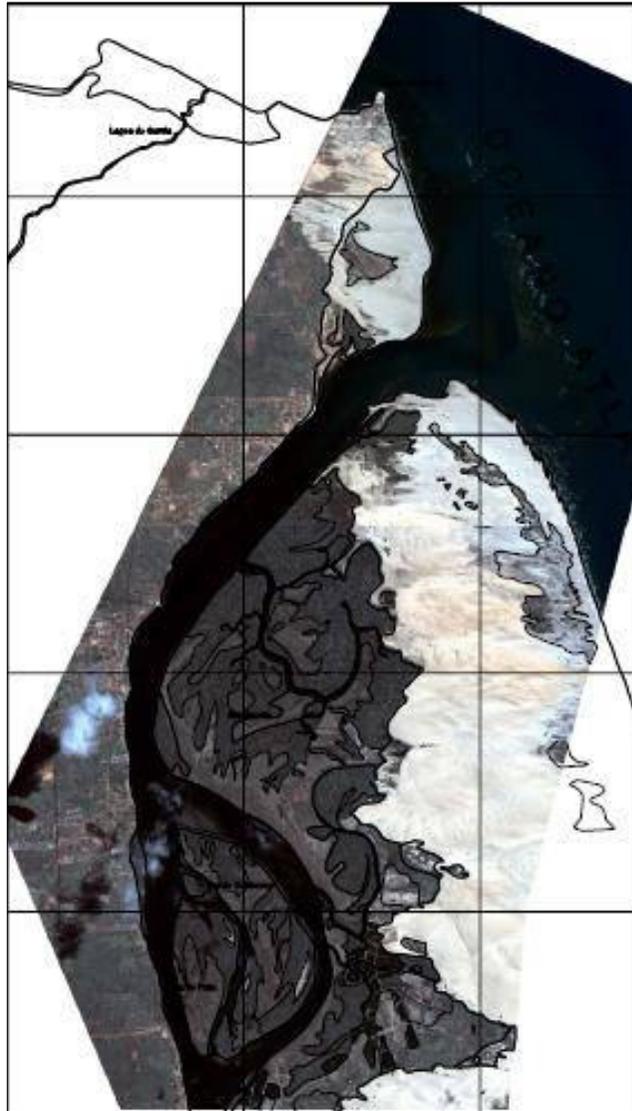
A interpretação da imagem possibilitou a demarcação das áreas ocupadas por vegetação de manguezal, apresentada com coloração verde-escura, com rugosidade, sendo as áreas de apicuns e salgados identificadas pela coloração verde mais clara tendendo, muitas vezes, ao marrom, com textura lisa. Outra contribuição da imagem *Quickbird* diz respeito à delimitação das áreas de planície flúvio-marinha ocupada por carcinicultura, através da identificação das feições retangulares, características dos viveiros de camarões, associada à coloração escura da reflectância da água.

Pela riqueza de detalhes apresentados, também foi possível a identificação da linha que define a paleofalésia, localizada à margem esquerda da foz do rio Jaguaribe, bem como o Pontal de Maceió, feições que não foram identificadas nas imagens utilizadas para a interpretação correspondente aos demais períodos.

A imagem SPOT 5 (figura 30B), resolução de 10m foi utilizada na identificação geral das unidades geoambientais na contemporaneidade. As faixas de praia, as flechas litorâneas e os campos de dunas móveis foram identificados pela coloração branca. Os tons esbranquiçados, mesclados à coloração rosa, foram atribuídos às áreas de deflação com a ocorrência de lagoas.

A pluma de sedimentos da deriva litorânea, bem como os sedimentos em suspensão, nessa composição colorida RGB, é bem marcada pelo tom tendendo ao violeta. Nas porções mais distantes da linha de praia predomina o azul escuro, tons

A



B

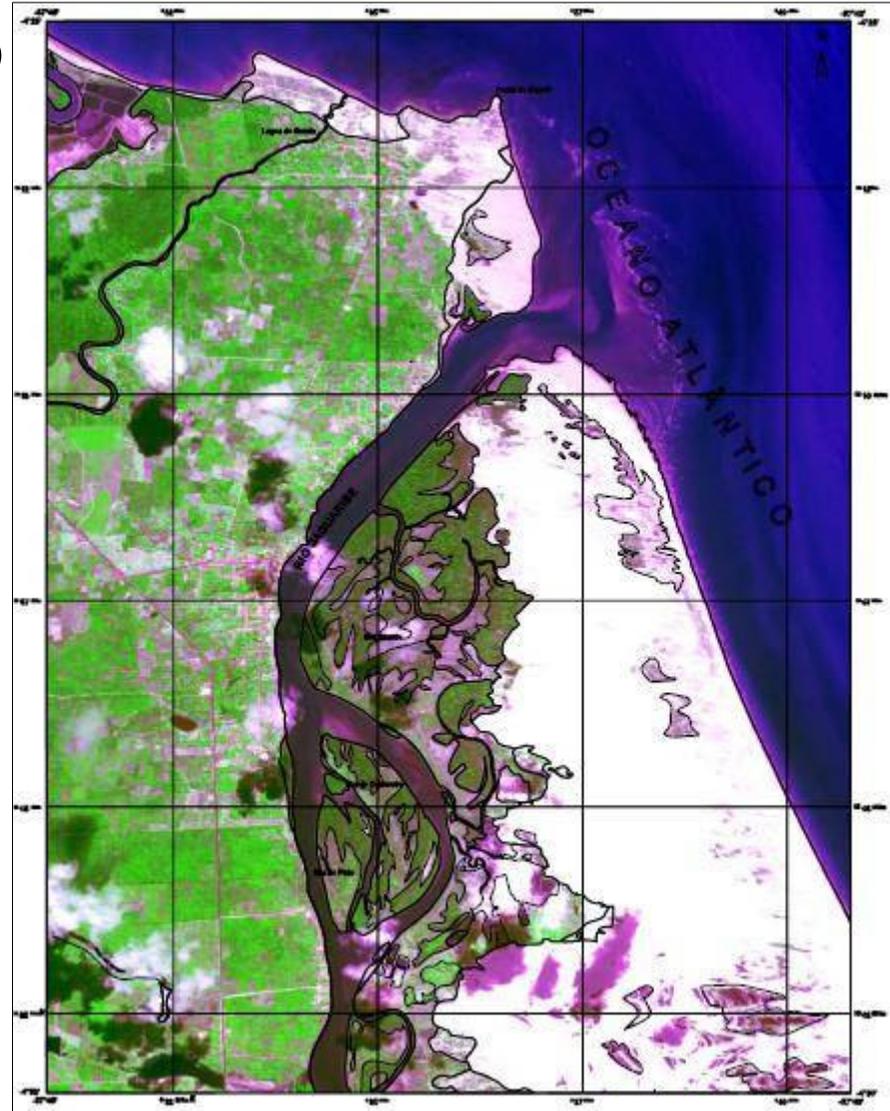


Figura 30: Imagens de satélite do ano de 2004. A figura A foi capturada pelo satélite Quickbird, por apresentar grande riqueza de detalhes, foi imprescindível na delimitação das áreas de manguezais. A figura B satélite SPOT 5, permitiu uma visão geral da área.

violeta nas proximidades do litoral e nas proximidades das ilhas fluviais, onde há aporte de sedimentos denotando, assim, a pouca profundidade nessas áreas.

A presença de nuvens em alguns pontos, não permitiu a análise completa das áreas de planície flúvio-marinha ocupada por manguezais e carcinicultura, sendo essa análise complementada pela imagem do satélite *Quickbird*.

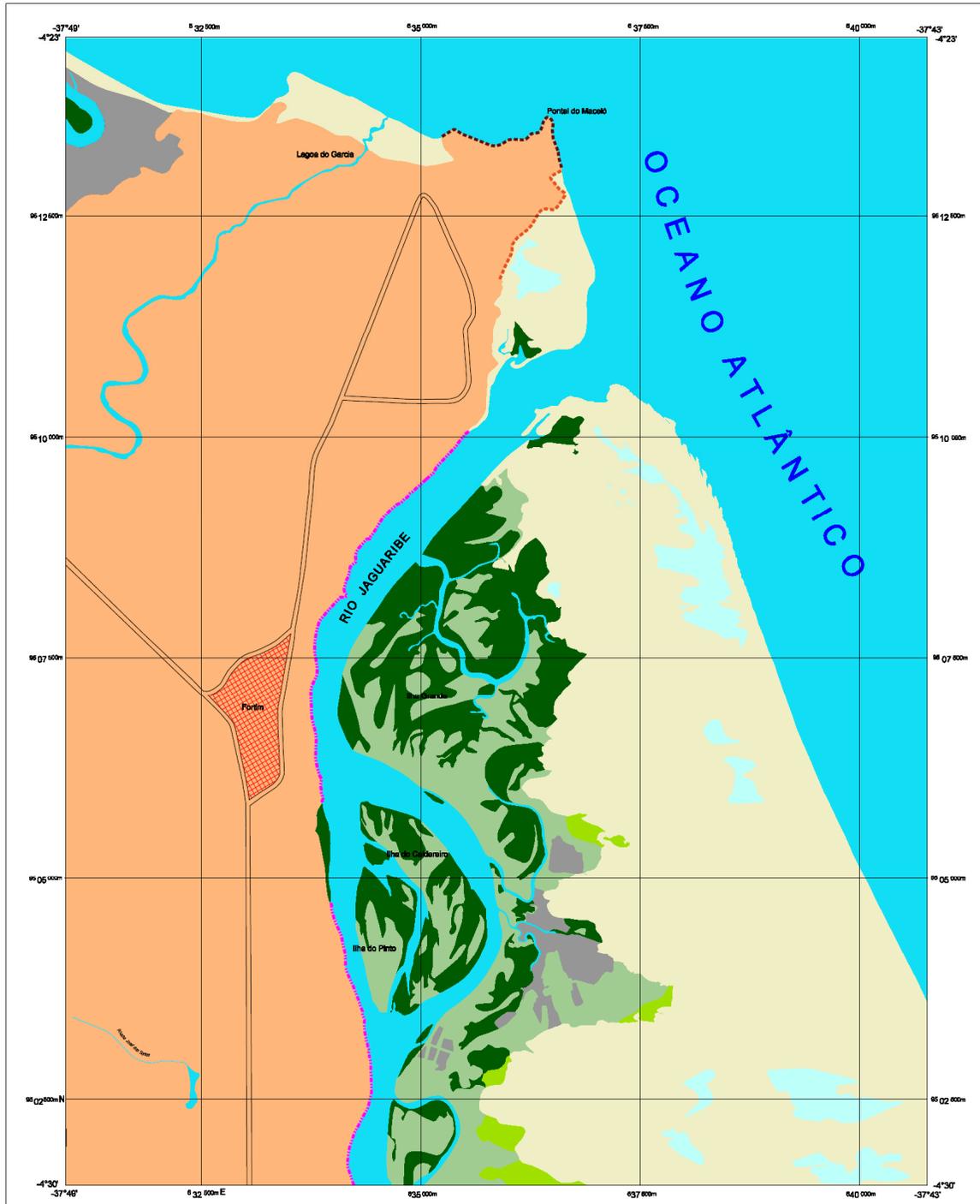
Apresentados as bases cartográficas do ano de 2004 para a elaboração do mapa de unidades geoambientais, é oferecido o retrato da desembocadura do rio Jaguaribe na contemporaneidade (Figura 31), o qual possui informações complementares adquiridas pela checagem em campo realizado no ano de 2007.

5.2. INTERPRETAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Os sistemas naturais apresentam dinâmica própria e espontaneamente passam por processos evolutivos. Quando as características naturais desses sistemas, as unidades geoambientais, são preservadas, em resposta têm-se uma harmonia natural do ambiente, um equilíbrio entre os elementos existentes. A intervenção humana desordenada afeta a evolução natural da paisagem.

Aqui apresentamos o conjunto das transformações geoambientais verificadas na área de pesquisa ao longo dos últimos 40 anos, a partir do cruzamento das informações dos mapas de unidades dos respectivos anos 1968, 1988 e 2007. Primeiramente mostram-se as alterações referentes a cada unidade/subunidade por meio de gráficos, na perspectiva de facilitar a compreensão e, posteriormente, têm-se a síntese dessas alterações.

Os elementos que apresentaram maiores modificações ao longo dos 40 anos de análise foram as subunidades que integram a planície litorânea, a saber: faixa de praia, flechas litorâneas, campos de dunas móveis, campos de dunas fixas e a planície flúvio-marinha. Os tabuleiros costeiros, pelo caráter menos dinâmico, não apresentaram modificações consideráveis. A seguir, detalhamos as modificações identificadas em cada uma das subunidades que compõem a planície litorânea:



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
MESTRADO EM GEOGRAFIA
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR

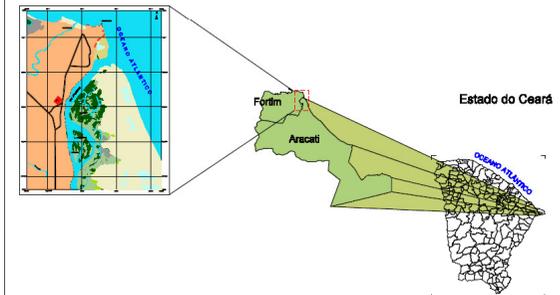


Evolução Geomorfológica Atual e Análise Ambiental da Foz do Rio Jaguaribe/Ceará

Maria de Lourdes Carvalho Neta
Profª. Drª. Vanda Claudino - Sales (Orientadora)

FIGURA 31:
MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA FOZ DO RIO JAGUARIBE/CE (2007)

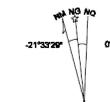
Localização da Área de Pesquisa, Foz do Rio Jaguaribe, Municípios de Fortim e Aracati (Ceará)



LEGENDA

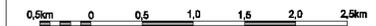
- Faixa de praia, flechas litorâneas e dunas móveis
- Dunas Fixas
- Planície flúvio-marinha ocupada por carcinicultura
- Planície flúvio-marinha ocupada por saigado e apicum
- Planície flúvio-marinha ocupada por manguezal
- Áreas de defloração com presença de lagoas
- Recursos hídricos (oceano, rio Jaguaribe)
- Tabuleiros Costeiros
- Paleo Falésias
- Paredão Fluvial
- Falésias Atuais - Portal de Maceló
- Núcleo Urbano
- Vias de acesso

Declinação Magnética em 2007
Convergência Meridiana do Centro da Folha



A Declinação Magnética
Cresce 0'42" Anualmente

Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator
Datum Geodésico Horizontal: SAD - 69
Escala 1:50.000



BASE CARTOGRÁFICA

Imagem de satélite SPOT e QuickBird datadas de 2004
Chegagem de campo realizada em 2007

EXECUÇÃO TÉCNICA

Maria de Lourdes Carvalho Neta

5.2.1. Planície litorânea

5.2.1.1. Faixa de Praia

A análise dos produtos cartográficos obtidos na pesquisa indica que a faixa de praia apresentou uma alteração considerável ao longo dos últimos quarenta anos. O comportamento dessa subunidade difere, ainda, pela posição a *barlamar* ou a *sotamar* da foz.

Assim é que na margem direita, na área de faixa de praia, é constatada progradação significativa, um acréscimo de quase 4 km² de deposição de material, o que representa aproximadamente 20% de aumento de área. Em 1968, a área ocupada por essa subunidade era de 21 km², passando para 26 Km² em 1988 e, em 2004, para uma área total de 25 Km² (gráfico 03).

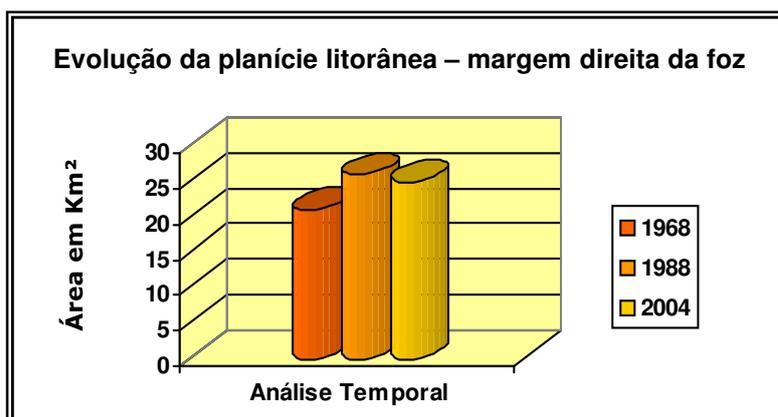


Gráfico 03: Evolução da planície litorânea na margem direita da foz do rio Jaguaribe, indicando a área ocupada por faixas de praia, flechas litorâneas e dunas móveis.

Na margem esquerda do rio, ao contrário, é constatada a ocorrência de processo erosivo: cerca de 5 Km² de depósitos quaternários foram perdidos, fato que representa um decréscimo da ordem de 16%. Com efeito, no ano de 1968 a área ocupada era de 18 km²; diminuindo para 15 Km² em 1988 e, em 2004 ocupando área de 13 Km² (gráfico 04). A erosão incidiu, sobretudo, na destruição de flechas litorâneas.

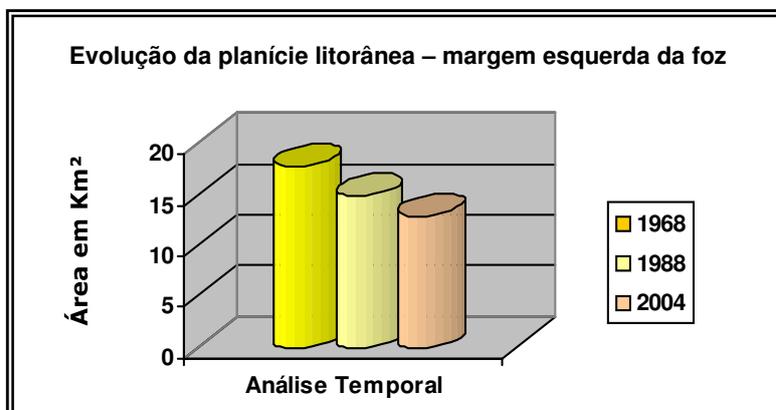


Gráfico 04: Evolução da planície litorânea posicionada na margem esquerda da foz do rio Jaguaribe.

5.2.1.2. Dunas Fixas

Em relação à subunidade dunas fixas, que se situam mais ao interior do continente, a análise espaço-temporal realizada, indica a ocorrência de um decréscimo total da ordem de quase 60%. Entre os anos de 1968 e 1988 a diminuição foi superior a 50%; no ano 1968 a área era de 14 Km², passando a 7,7Km² no ano de 1988. Entre 1988 e 2004, a diminuição foi de 2 Km², passando a área a ocupar 5,7 Km² (gráfico 05).

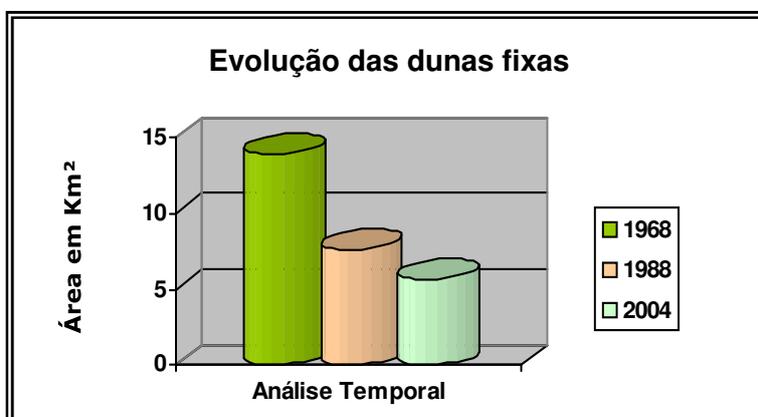


Gráfico 05: Evolução das dunas fixas.

5.2.2. Planície Flúvio-marinha

A unidade geoambiental da planície flúvio-marinha foi dividida em duas subunidades, sendo a primeira ocupada por manguezais e a segunda por salgado e apicuns.

As áreas de planície flúvio-marinha ocupadas por *manguezais* no decorrer dos 40 anos de análise apresentaram modificações. No ano de 1968, essa unidade geoambiental ocupava uma área de cerca de 5 Km². Para o ano de 1988, tem-se um crescimento, indo a área medir, aproximadamente, 7,3 Km². No entanto, no ano de 2004 detectou-se um decréscimo, passando essa subunidade a ocupar 6 Km² de área (gráfico 06).

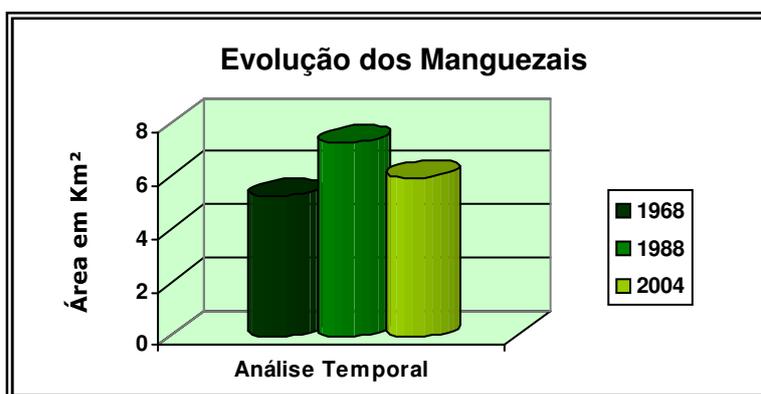


Gráfico 06: Evolução das áreas de manguezais.

Tratando esses números em índices percentuais, temos entre os vinte primeiros anos de análise um crescimento de aproximadamente 36,28%. Para os anos restantes (1988 – 2004), há um decréscimo de cerca 15,58%. Na análise do recorte temporal por completo, ou seja, dos quarenta anos (1968 – 2004), o manguezal apresentou um aumento de aproximadamente 13%.

O aumento das áreas de manguezal no primeiro recorte apresentado é vinculado ao aumento das ilhas flúvio-marinhas do Pinto e do Caldeireiro, uma das áreas dessa subunidade que sofreu maior alteração durante o período analisado.

Como pode ser observado no gráfico 07, para a Ilha do Pinto temos as dimensões: 6,5 Km²; 7,4 Km²; 7,5 Km²; respectivamente, para os anos de 1968, 1988 e 2004. Para os mesmos anos temos a Ilha do Caldeireiro ocupando 11 Km²; 13,5 Km²; e, 16 Km² de área.

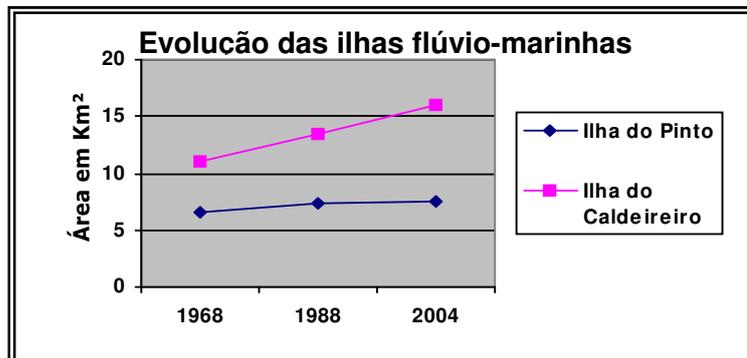


Gráfico 07: Evolução das áreas das ilhas flúvio-marinhas.

Em termos percentuais, conjuntamente, as ilhas sofreram acréscimo de mais de 35% em suas áreas para o período de 1968 a 2004. O processo se apresenta mais intenso entre 1968 e 1988 com cerca de 20% de aumento, para o período restante o acréscimo é de 12%.

Na análise das fotografias aéreas, essas áreas são apresentadas claramente enquanto áreas de expansão de tal unidade. A diminuição entre os anos de 1988 e 2004 é de aproximadamente 15%, e atinge o manguezal como um todo.

Analisando os resultados referentes à planície flúvio-marinha ocupadas por *apicuns* e *salgado*, têm-se essas unidades no ano de 1968 apresentando uma área de cerca de 8 Km², diminuindo para 7,4 Km² no ano de 1988, chegando a 6,7 Km² no ano de 2004. Tal variação é ilustrada no gráfico 08.

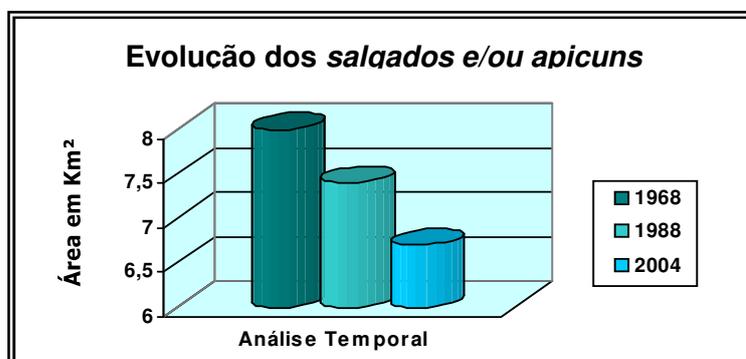


Gráfico 08: Evolução das áreas da planície flúvio-marinha ocupadas por salgado e apicuns.

Nota-se uma diminuição da área de apicuns para os primeiros períodos da ordem de 7,5%. A análise das imagens mostra que houve uma expansão do manguezal nas áreas anteriormente ocupadas pela subunidade apicum, para o período de 1968 a 1988. No entanto, a redução mais acentuada das áreas de *apicuns* se apresenta para o período mais recente, de 1988 para 2004, sendo da ordem de 10%.

A tabela 02 reúne as áreas ocupadas por cada unidade e subunidade, em cada um dos anos analisados, fundindo assim o conjunto de alterações das feições geoambientais da desembocadura fluvial do Jaguaribe.

VARIAÇÃO DAS ÁREAS DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA FOZ DO RIO JAGUARIBE/CE						
UNIDADE	SUBUNIDADE	ANOS	1968	1988	2004	VARIAÇÃO (%)
Planície litorânea	Faixa de praia - margem direita		21	26	25	20%
	Faixa de praia - margem esquerda		18	15	13	16%
	Dunas Fixas	Á	14	7,7	5,7	60%
Planície flúvio-marinha	Manguezal	R	5	7,3	6	13%
	Salgado e apicuns	E	8	7,4	6,7	10%
	Ilhas flúvio-marinhas	A	17,5	20,9	23,5	35%
		(Km²)				
Acréscimo			Decréscimo			

Tabela 02: Unidades e subunidades geoambientais da desembocadura fluvial do Jaguaribe que sofreram alterações entre os anos de 1968 – 1988 – 2004. Apresentam-se em porcentagem (%) os valores dessas variações.

Capítulo 06

6. A FOZ DO RIO JAGUARIBE NOS ÚLTIMOS 40 ANOS

Sabemos que um sistema natural tem uma dinâmica tal que uma alteração em um dado segmento implica em alterações em outros segmentos ou no todo. Dependendo do grau de interferência, tais respostas podem ser lentas e graduais, ou serem instantâneas.

A desembocadura fluvial do rio Jaguaribe, objeto de estudo, é um subsistema de um sistema maior, a bacia hidrográfica do rio Jaguaribe. Sendo assim, qualquer interferência ao longo da mesma pode acarretar respostas, também, em nosso subsistema.

A evolução das formas de relevo originada nos ambientes fluviais está relacionada aos processos de sedimentação e erosão. Quando ocorrem naturalmente, são vistos como processos dinâmicos pertinentes à própria formação das paisagens. Entretanto, quando são acelerados por fatores antrópicos, como ocorre em grande parte dos casos, resultam na degradação do meio físico. O que ocorre é que dificilmente essa degradação é compensada a tempo pelos processos naturais, causando, muitas vezes, situações difíceis de recomposição (CAVALCANTE, 2001).

De maneira geral, no conjunto da fachada costeira, pode ser observada uma grande variedade de impactos. Ocupação e exploração de dunas, mineração, obras marítimas, loteamentos, barragens, entre outros. Tais impactos interferem, por exemplo, na dinâmica natural de transporte e acumulação de sedimentos.

O equilíbrio da dinâmica costeira depende da manutenção do aporte de material na linha de costa. As principais fontes de material podem ser consideradas de duas formas: as fontes primárias e as fontes secundárias. As fontes primárias de material é o sistema de drenagem oriundo das terras interiores, onde os rios são os componentes principais. Ocorrem, ainda, terras firmes e afloramentos de depósitos terrestres ao largo. As fontes secundárias que são criadas ao longo do tempo pelos sedimentos oriundos das fontes primárias, são as praias, dunas e depósitos do largo (MORAIS, 1996).

A zona costeira é caracterizada como um ambiente bastante frágil devido à sua complexa dinâmica ambiental. Com frequência, os agentes litorâneos têm parâmetros de atuação variáveis que, na maioria das vezes, estão em equilíbrio. Os

riscos associados à dinâmica costeira se fazem sentir pelo modelado do litoral em função da ação de alguns desses agentes (correntes, ondas, marés) e pela atuação dos ventos que constroem ou destroem ambientes litorâneos, como praias, dunas e falésias (e.g. MORAIS, 1996).

Em resposta ao desequilíbrio da dinâmica ambiental, de maneira geral, notam-se, no conjunto da zona costeira, os processos de progradação e de erosão. O processo de progradação acontece quando há um excesso de sedimentos, ou seja, quando a proporção de deposição de sedimentos é maior que a de retirada.

Contrariamente, a erosão costeira tem início quando o material erodido é levado da linha de costa em maior proporção do que é depositado. Esta razão remoção-deposição é o fator relevante nos processos de erosão costeira. Pode ser classificada em dois tipos principais: a erosão natural e a erosão induzida pelo homem.

Do ponto de vista de distância da linha de praia, vários fatores podem causar a erosão de ordem social. Atividades como construção de barragens em rios, mineração ou dragagem de areias e cascalhos do leito dos rios, alteração do sistema de drenagem, são atividades cruciais. Acrescente-se a isto atividades na própria praia como desmatamento, práticas de agricultura, dragagem e mineração de areias e cascalhos, construção na faixa de estirâncio, disposição de lixo sólido e aterros, dentre as principais. Ocorrem, ainda, atividades já na área litorânea submersa, próximo da praia, como a mineração do fundo de areia e cascalho ou algas calcárias, construções, estabilização de braços de mar (MORAIS, 1996).

Na área de pesquisa, diversas alterações geomorfológicas e ambientais foram detectadas ao longo dos últimos anos, como indicado no capítulo anterior. Nesse item, analisamos os agentes responsáveis por tais alterações, a saber:

6.1. AGENTES RESPONSÁVEIS PELAS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS

6.1.1. Planície litorânea

A análise da faixa de praia do entorno da foz do rio Jaguaribe ao longo dos anos 1968/1988/2004 (figura 32), confirmou os resultados obtidos por Cavalcante (2001), que trabalhou com fotografias aéreas de 1958, 1988 e 1993 e imagens de satélite do ano de 1996, os quais indicaram que na margem direita da foz do rio Jaguaribe ocorre progradação e, na margem esquerda, processo de erosão.

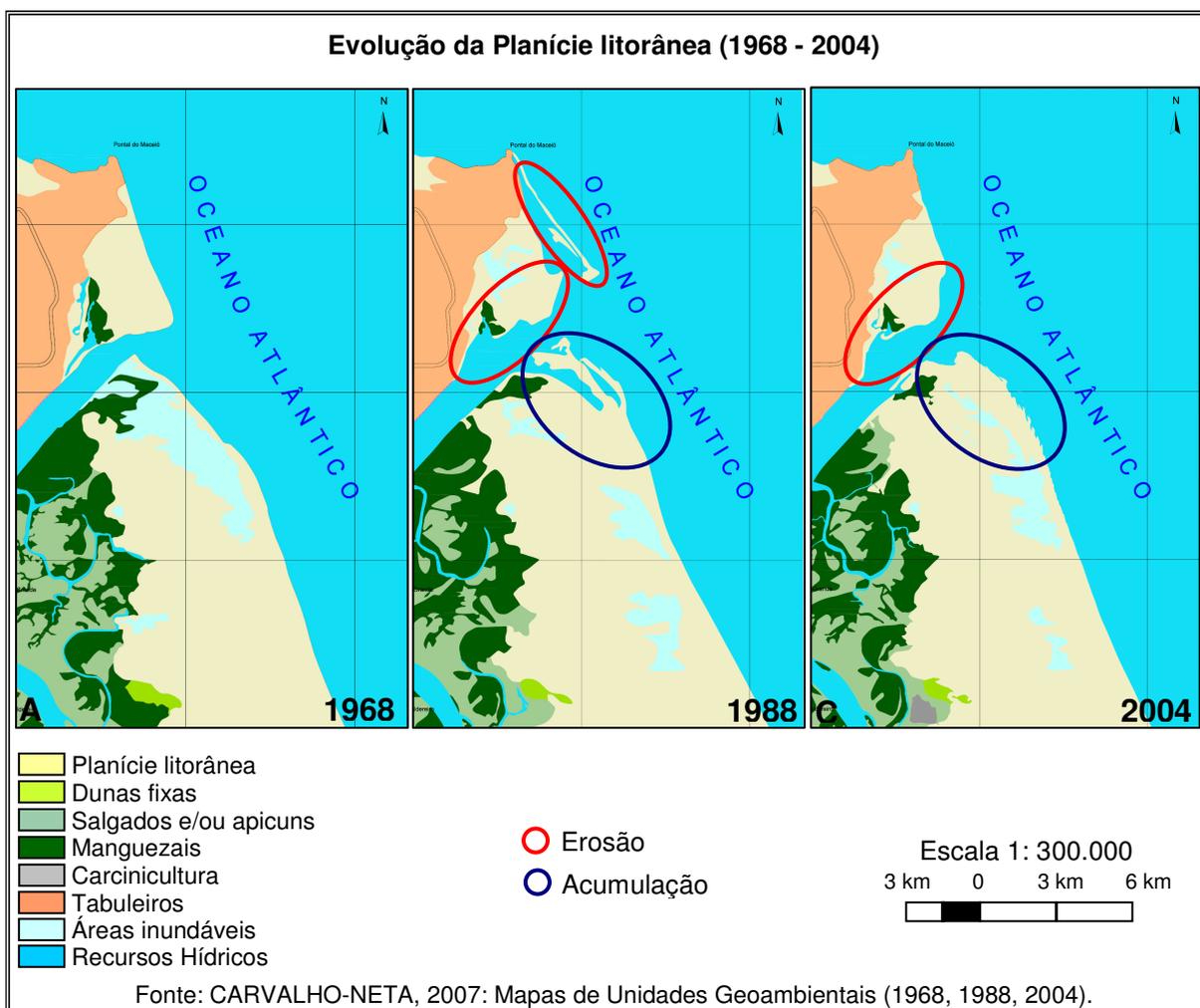


Figura 32: Evolução da planície litorânea. Nota-se uma progradação na margem direita e na margem esquerda uma erosão sobretudo das flechas litorâneas.

A evolução da margem direita da desembocadura fluvial apresenta formação de flechas litorâneas que foram, posteriormente, acopladas à linha de praia, caracterizando, assim, o ambiente de *engorda* da linha de costa.

Esse aspecto de *engorda* é entendido como um processo natural. Os sedimentos que alimentam este segmento da faixa de praia e são responsáveis por essa progradação são, principalmente, oriundos da erosão das falésias de Icapuí, situadas a leste e a barlamar da área de pesquisa.

A disposição dessas flechas litorâneas da maneira apresentada mostra uma supremacia da dinâmica litorânea em relação à dinâmica fluvial. Com efeito, as flechas litorâneas são relevos que dependem, sobretudo, da energia das ondas. Claudino-Sales (2002, 2005) escreve que para a formação dessa feição geomorfológica em desembocaduras fluviais é necessário pouca energia fluvial, além de espaços de acomodação dos sedimentos.

Na margem esquerda da foz, contrariamente, o processo erosivo é destaque, o que indica haver ou carência de sedimentos, ou ampliação da dinâmica flúvio-marinha nesse setor. Tais fatores podem ser resultantes de processos tanto naturais quanto sociais.

Do ponto de vista natural, a migração do rio em direção a oeste vem ampliando a energia erosiva na margem esquerda do rio. Além disso, a carência de sedimentos, possível responsável pela ampliação de erosão da faixa de praia, pode resultar diretamente da característica de irregularidade das precipitações.

Com efeito, Carvalho (1994) aponta que cerca de 70% a 90% dos sedimentos transportados pelos cursos d'água ocorre em função das fortes precipitações. Mais especificamente no caso do Jaguaribe que, do ponto de vista natural, é intermitente, sem poder de escoamento próprio devido, essencialmente, às limitações climáticas. Pode-se dizer que 98% dos sedimentos que transitam no seu leito são transportados nesse período de grandes precipitações (CAVALVANTE, 2001).

Nesse contexto, coloca-se como importante a análise do quadro natural da área no decorrer do tempo estudado, principalmente no que concerne ao comportamento das precipitações. Baseado em Zanella (2005), é apresentado o quadro 01, contendo a duração dos anos de seca ocorrida a partir da década de 60 e até o fim da década de 90 do século XX, para todo o estado do Ceará.

Ao tratar especificamente da área de pesquisa, os dados de pluviometria (BRASIL, 1990) entre os anos de 1962 e 1985 para os postos dos Municípios de Aracati e Fortim, indicam que nos anos de 1966, 1969, 1970, 1978, 1979, 1980 e 1983 as médias de precipitações foram inferiores a 700 mm. A baixa precipitação ao longo dessa segunda metade do século XX coloca-se, pois, como uma possível explicação para a margem esquerda do rio ter sofrido um processo de erosão.

Comparativamente, o primeiro período de análise (1968/1988) se caracteriza enquanto mais seco que o período posterior (observar quadro 01). Essa diferenciação também emite respostas no comportamento do campo de dunas móveis.

Anos Secos	Duração seca (anos)	Anos Secos	Duração seca (anos)
1961/1962	2	1979/83	5
1966	1	1987	1
1970	1	1990	1
1972	1	1992/93	2
1976	1	1997/98	2

Fonte: Zanella, 2005.

Quadro 01: Quadro de ocorrência de secas entre a década de 1960 e 1990 no Estado do Ceará.

A figura 33 apresenta como se comportam o campo de dunas móveis localizado na margem direita da foz. Observemos o quadro de migração nos diferentes períodos.

Maia (1998) e Pinheiro & Sales (2007) afirmam que a distinção de dois períodos anuais, um chuvoso no primeiro semestre do ano, e um seco, no segundo semestre, trará também diferenças na dinâmica costeira, ao mobilizar uma maior quantidade de sedimentos nos períodos mais secos. Nesse período também vão atuar, mais efetivamente, os ventos alísios de SE que caracterizam de maneira geral a direção de migração dos corpos dunares no Ceará.

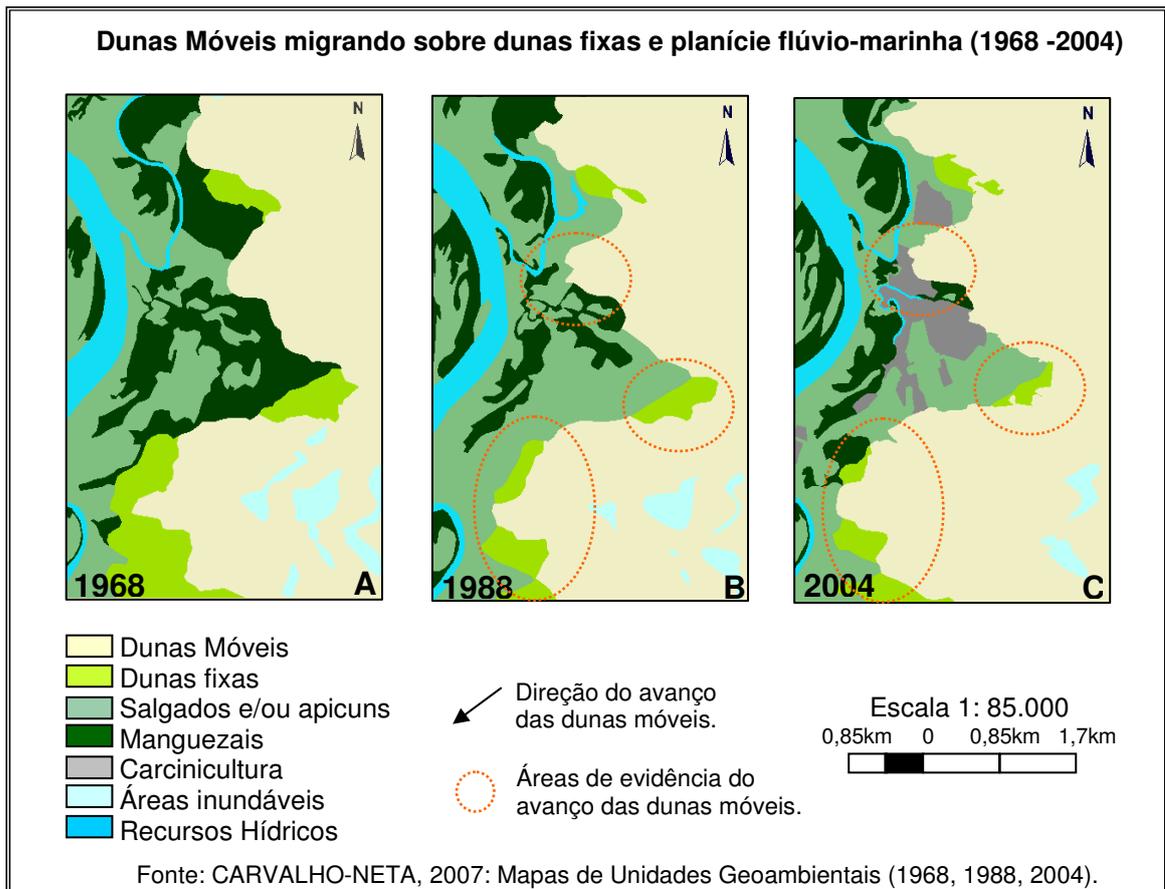


Figura 33: Migração das dunas móveis sobre a planície flúvio-marinha do rio Jaguaribe, em sua margem direita, sufocando as áreas de manguezais e sobre as dunas fixas, recobrando-as.

O vento apresenta uma evolução inversa ao da precipitação. Durante o segundo semestre vão dominar os alísios de SE, que são mais intensos que os de NE. Estes, por terem menos umidade, são os mais importantes para a geomorfologia costeira do Estado (CLAUDINO-SALES, 2002), ao mobilizar uma maior quantidade de sedimentos durante o período em que predominam, orientando, assim, a direção de migração das dunas.

Nessa lógica, Tsoar & Arens (2003), apontam as precipitações médias anuais baixas, ventos muito fortes e freqüentes e a intensa interferência humana, como os fatores que vão influenciar no crescimento de vegetação em dunas e sua conseqüente mobilidade.

O déficit hídrico (diferença entre a evapotranspiração potencial, EP e a evapotranspiração real, ER), pode estar relacionado à mobilidade das dunas e sua escassa colonização pela vegetação (PINHEIRO & SALES, 2007), pois períodos

com baixas precipitações se estendendo por mais tempo e as altas temperaturas, também vão influenciar essa baixa umidade na área, colaborando, assim, para a permanência de areias mais secas nos campos de dunas.

Esta análise (figura 33 – principalmente das áreas de evidência do avanço das dunas móveis sobre as dunas fixas), vinculadas ao quadro 01 e aos gráficos 01 e 02 (capítulo 2, página 24), indica que o processo migratório acha-se vinculado aos aspectos naturais, no caso, às baixas taxas de precipitação. Com efeito, a migração foi mais intensa no período entre 1968 e 1988, período este caracterizado enquanto mais seco que o período entre 1988 e 2004.

Como já citado, a análise do gráfico 03 (capítulo 6, página 84), apresenta um decréscimo de cerca de 60% das dunas fixas. Percebe-se que antes de desaparecerem do ambiente, as dunas fixas estão, na verdade, sendo gradativamente recobertas pelas dunas móveis, que tiveram ampliado o seu processo de migração em função da ocorrência de anos seguidos de baixa precipitação. A menor diminuição da umidade inibe a colonização de vegetação e deixam as areias secas mais susceptíveis à deflação.

No primeiro período (1968-1988), a redução das dunas fixas foi superior a 50%. Para o ano de 1988 tem-se uma área 14 Km² ocupada por esta subunidade, decrescendo a 7,7 Km² em 1988. Para o ano de 2004, a área diminui para 5,7 Km², variação bem menor que a apresentada anteriormente, de apenas 2 Km².

Essa migração também emite respostas relacionadas ao comportamento do manguezal. Maia (1998) estimou uma taxa de migração de dunas de 6 a 10 metros por ano para o litoral cearense. Este avanço das dunas sobre a margem direita ocorre bem perto da planície flúvio-marinha, e as areias eólicas estão *sufocando* o manguezal (figura 34).

Do ponto de vista social, Morais (1996) aponta algumas atividades que podem interferir na dinâmica natural das praias e dos campos dunares, levando-os à degradação e ainda à emissão de respostas às unidades geoambientais circundantes. Dentre tais atividades, ressalta-se a ocupação e exploração indiscriminada para usos diversos, além do desmatamento, da mineração e do turismo não ecológico.

No caso da área de pesquisa, tais atividades não se apresentam de forma tão preocupante, pois o campo de dunas da área integra a APA de Canoa Quebrada estando, assim, protegida legalmente. No entanto, o uso das dunas,

embora praticamente restrito ao uso turístico com os passeios de buggies, pode causar destruição e degradação acelerada da vegetação, promovendo impactos negativos do ponto de vista fisiográfico. Tal fato parece ampliar o processo de migração das dunas móveis sobre as dunas fixas e a vegetação de manguezal.



Fotos: CARVALHO-NETA, 2007.

Figura 34: Campo de dunas móveis na margem direita da foz do rio Jaguaribe migrando sobre a planície flúvio-marinha, sufocando as áreas de manguezais.

6.1.2. Planície flúvio-marinha

Prosseguindo a análise das alterações nas unidades geoambientais, partimos para a apresentação da evolução da planície flúvio-marinha ocupada por manguezal (figura 35).

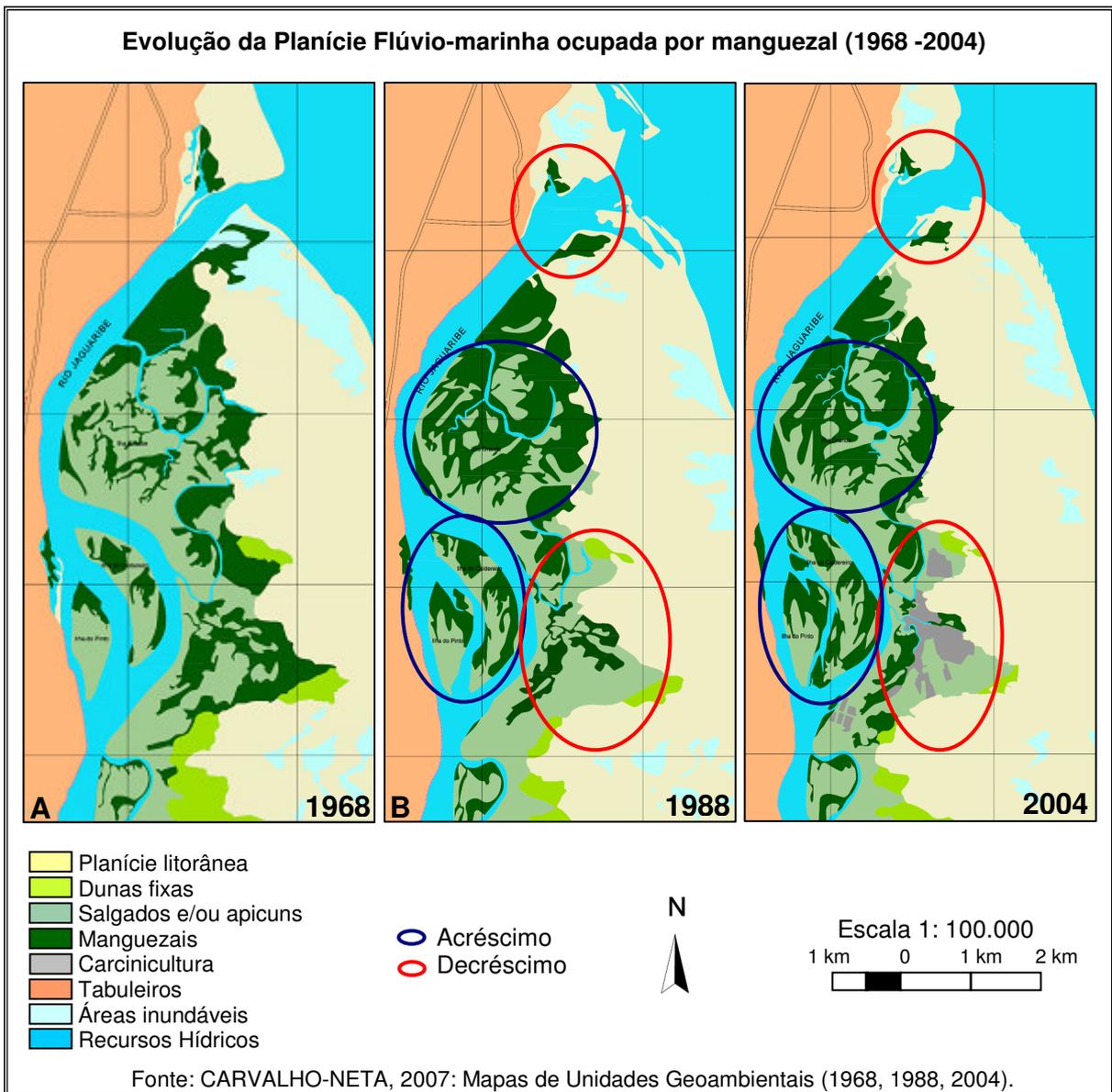


Figura 35: Evolução da planície flúvio-marinha ocupada por manguezais na foz do rio Jaguaribe. Destacam-se as áreas em que a vegetação de mangue sofreu expansão e redução.

A análise das fotografias aéreas mostrou, de maneira geral, um crescimento da área ocupada por manguezais ao longo dos anos. Do ponto de vista natural, indica-se que as áreas de crescimento de depósitos sedimentares, ocupados por mangue no estuário do rio Jaguaribe, parecem ser resultante do sistema de deposição de sedimentos oriundos da erosão das flechas litorâneas e dos sedimentos da Formação Barreiras (paredão fluvial) que foram e estão sendo dissecados à margem esquerda.

O material inconsolidado é retrabalhado pelo rio até que se forme um banco de areia, o qual, submetido às oscilações de marés, permite a colonização

pela vegetação de mangue ao ponto de aumentar a sua área de ocorrência. No contato com as ilhas fluviais, esses sedimentos são acrescidos às suas margens, parcialmente explicando também a ampliação dessas subunidades geoambientais.

O crescimento destas feições, resultado das análises nas imagens, foi constatado pelos trabalhos de campo realizados na área de pesquisa. Observou-se a presença de diferentes gerações de mangue (figura 36), localizados nas áreas de expansão (figura 35).



Fotos: CARVALHO-NETA, 2007.

Figura 36: Observa-se a presença de diferentes gerações de vegetação de mangue no estuário do rio Jaguaribe. A seta vermelha indica geração de mangue mais antiga, a seta amarela, geração mais jovem.

As áreas onde se constatou o decréscimo desta subunidade vinculam-se, do ponto de vista natural, à ação das ondas nas áreas (figura 37) localizadas mais próximas do litoral e, do ponto de vista social, à atividade de carcinicultura (figura 38), localizadas mais no interior da planície flúvio-marinha.



Foto: CARVALHO-NETA, 2007.

Figura 37: Manguezal na margem esquerda da foz do rio Jaguaribe sendo desestruturados pela ação das ondas.



Foto: CARVALHO-NETA, 2007.

Figura 38: Áreas de manguezal na margem direita da foz do rio Jaguaribe, comunidade do Cumbe, atualmente ocupada por viveiros de camarão.

Em relação ao *apicum*, verificou-se uma diminuição de, aproximadamente, 15% das suas áreas, no recorte que vai do ano de 1988 a 2004. Tal fato parece vincular-se, do ponto de vista natural, ao contínuo crescimento das ilhas fluviais e da ampliação da área de manguezal. Do ponto de vista social, o crescimento das áreas ocupadas por manguezal e a diminuição da extensão dos apicuns parece estar associado à atividade de criação de camarão em viveiros (carcinicultura) e às barragens instaladas ao longo do leito do rio.

A atividade de criação de camarão em viveiros apresenta sua explosão na década de 1990. Atualmente, a carcinicultura já responde por 99% das exportações de camarão do Brasil. De 3,6 mil toneladas em 1997, a produção do setor saltou para 75,9 mil toneladas em 2004, segundo a Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC). A região Nordeste é responsável por 92% da produção, sendo os principais estados produtores, pela ordem, Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Pernambuco, Paraíba e Piauí (MONTEIRO, 2005).

Esses dados são comprovados, tanto pela análise de relatórios sócio-econômicos, quanto aparecem claramente na interpretação das imagens de satélite. Assim é que a área do ecossistema manguezal, devastada para a implantação desse tipo de atividade (figura 39) na área de pesquisa é de 10 Km². Esse valor equivale a, aproximadamente, 17% da área atual de planície flúvio-marinha ocupada por vegetação de manguezal.

Entre os impactos da carcinicultura no ecossistema manguezal estão: a modificação do fluxo das marés; redução e extinção de habitats de numerosas espécies; extinção de áreas de mariscagem, pesca e captura de caranguejos; expulsão de pescadores de seus locais de trabalho; proibição de acesso às áreas de pesca e de coleta de caranguejos e mariscos; contaminação de água destinada ao consumo humano; disseminação de doenças entre os crustáceos; destruição da paisagem e conflitos de terra decorrentes da privatização de terras da União (terrenos de Marinha e terras devolutas), além de danos cumulativos ao longo das bacias hidrográficas onde se situam as fazendas (LIMA, 2004; MELLO, 2005).

Além da carcinicultura, algumas atividades localizadas no interior podem funcionar como agente de impactos na zona costeira, induzidos pela ação do homem. Entre elas, dá-se destaque às barragens. Estas são construídas com a finalidade de criação de reservatórios, de irrigação, de geração de energia elétrica, de controle de enchentes (MORAIS, 1996).

O rio Jaguaribe é marcado, atualmente, por um grande número de açudes públicos e particulares, dentre os quais 49 são monitorados pela COGERH, que regula periodicamente a liberação de água necessária ao abastecimento das cidades à jusante dos açudes (CAVALCANTE, 2001).

A gestão dos recursos hídricos por comitês de bacias tem levado a uma crescente sustentabilidade no uso desses recursos. No entanto, ainda não são abordados, na esfera desses comitês, os impactos potenciais causados na zona costeira por atividades antrópicas localizadas à montante, incluindo sua evolução nos próximos séculos (MARINS *et al*, 2003).



Foto: CARVALHO-NETA, 2007.

Figura 39: Áreas de manguezal desmatadas para a implantação da atividade de carcinicultura na margem direita da foz do rio Jaguaribe, na comunidade do Cumbe.

O controle de fluxo fluvial por barragens para abastecimento de água resulta, via de regra, em uma diminuição significativa do fluxo fluvial à jusante, particularmente em períodos de estiagem. Tal situação leva à concentração de substâncias presentes na água e ao desequilíbrio entre erosão e sedimentação ao longo do curso do rio e, principalmente, em sua região estuarina. Além de salinização de águas superficiais e subterrâneas (LACERDA, 2003), fato que tende a ampliar a presença do ecossistema manguezal.

Estudos sobre a bacia do rio Jaguaribe (CAVALCANTE, 2001; MARINS *et al*, 2003; LACERDA, 2003; LACERDA *et al*, 2006), confirmam que a construção de barragens e açudes, a retirada de água para agricultura irrigada, para a carcinicultura e para o abastecimento humano, associado a um decréscimo de até 20% na pluviosidade anual nos últimos 40 anos, resultaram na redução da descarga fluvial média anual de cerca de 200 m³/s no início do século XX para menos de 40 m³/s atualmente, e na redução da taxa de transporte de sedimentos para valores menores a 2 t/km²/ano. Ora, os rios funcionam como uma fonte de suprimento de sedimentos para as regiões costeiras e o efeito da barragem reduz o suprimento de sedimentos na praia. Tal situação explica, em parte, a erosão verificada no setor de praia à esquerda da desembocadura do rio, como salientado anteriormente.

Na bacia do rio Jaguaribe está localizado alguns dos maiores açudes do Nordeste, como o Orós e Arrojado Lisboa (Banabuiú) que, juntos, liberam, atualmente 13.000 l/s, sendo os principais responsáveis pela perenização de todo o restante do vale do Jaguaribe (CAVALCANTE, 2001). Mais recentemente, associa-se a este quadro o açude Padre Cícero, também chamado de Açude Castanhão, inaugurado em 2002, com capacidade de 6,7 bilhões de m³/s (figura 40).

Por conta da ação das barragens dispersas ao longo da bacia do rio Jaguaribe, as influências da maré são sentidas até o município de Itaiçaba, onde ocorre o último barramento (PINHEIRO *et al*, 2006). Esse barramento se enquadra na ótica do Governo estadual de não desperdiçar água doce “para adoçar o mar”, deixando com que praticamente toda a dinâmica estuarina seja subordinada à hidrodinâmica marinha. O aumento da demanda antrópica de água associada à diminuição de pluviosidade, prevista nos modelos climáticos globais, deverá maximizar os impactos dessas barragens sobre a região costeira no futuro próximo (LACERDA, 2003). E qualquer extração de sedimentos do leito dos rios resultará no

aumento do decréscimo de sedimentos que seriam transportados até o litoral e, conseqüentemente, no crescimento da erosão à jusante (MORAIS, 1996).

Grande parte dos efeitos danosos resultado do barramento dos rios ocorre de maneira muito lenta, ou seja, em longo prazo, podendo ser controlados através de planejamento e manejo adequado, conceitos que ainda necessitam ser difundidos dentro da política da açudagem (CAVALCANTE, 2001).



Fonte: COGERH, 2005.

Figura 40: Imagens dos açudes Castanhão e Óros. Ambos localizados na bacia do rio Jaguaribe em seu médio e alto curso, respectivamente, esses reservatórios correspondem aos de maiores dimensões do estado do Ceará.

A vazão da barragem de Itaiçaba é controlada pelos agentes climáticos, sendo que no período chuvoso chega até 200 m³/s, variando com a carga de pluviometria recebida pela bacia. No período de estiagem a vazão é nula ou quase nula, já que a cota de sangria não é ultrapassada (PINHEIRO *et al*, 2006).

O efeito dessas atividades é notado, também, nas ilhas flúvio-marinhas (figura 41). Verifica-se um acréscimo considerável, caracterizando essas áreas também enquanto áreas de expansão de manguezais. A diminuição da vazão do rio implica em não transporte do material de carga sólida aportada ao leito.

Com efeito, o fato do recurso hídrico em questão não apresentar força o suficiente para transportar sedimentos, faz com que o depósito aconteça no interior, expandindo assim as áreas de ilhas fluviais. Associada ao aumento dessas ilhas fluviais também se vincula a expansão das áreas de manguezais. O gráfico 06 (capítulo 06, página 86) apresenta acréscimo de mais de 35% nessas áreas ao longo dos quase quarenta anos.

As ilhas flúvio-marinhas do Pinto e do Caldeireiro, no município de Fortim, distam cerca de 7 km da faixa de praia, do oceano atlântico. O acúmulo desse material a esta distância mostra a incompetência desse recurso no transporte de sedimentos. Como a força exercida pelas ondas, corrente e marés é elevada, a dinâmica litorânea mostra-se superior à energia exercida pela dinâmica fluvial. Isso parece significar que mesmo havendo uma diminuição considerável do montante de sedimentos que alcançam a desembocadura do rio em função das barragens, o pouco de sedimentos que atinge ao seu leito na foz não é transportado, produzindo assoreamento localizado, ou resultando, ainda, na dispersão do material por ação das correntes de marés e ondas, fato que explica o crescimento da área ocupada por manguezal.

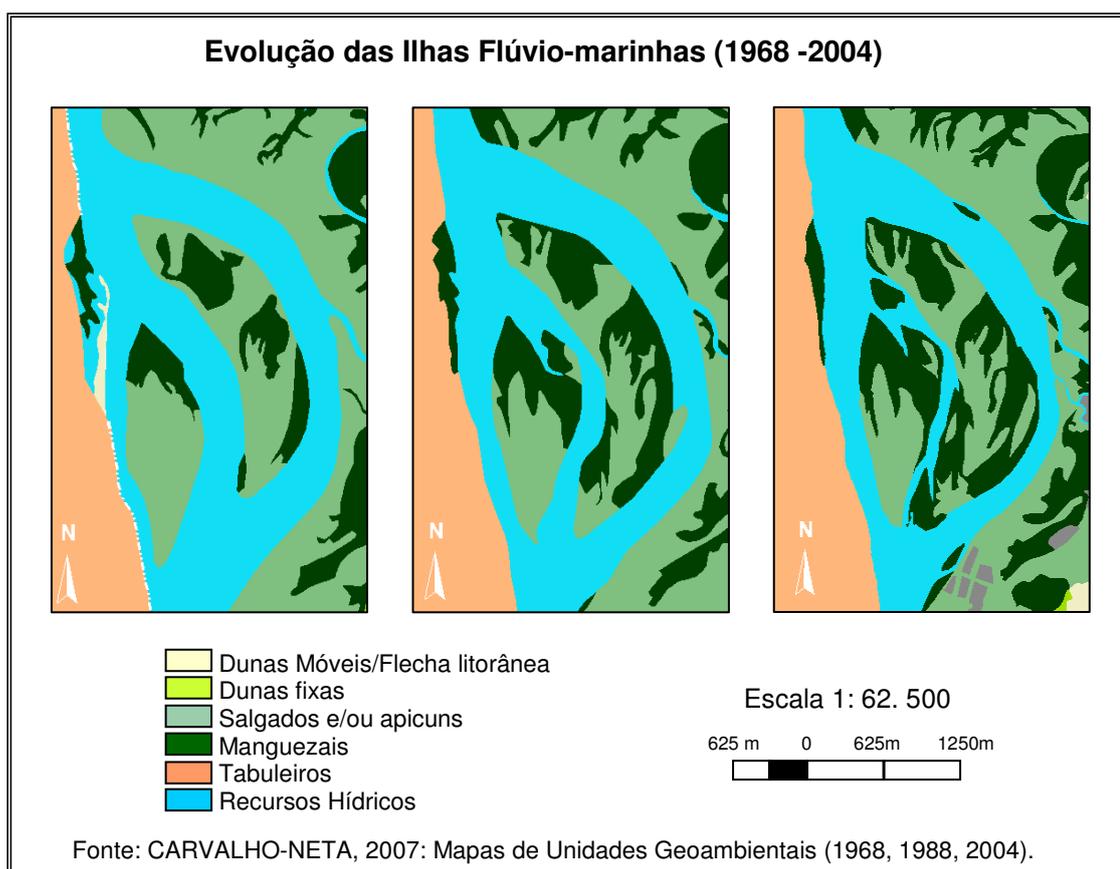


Figura 41: Evolução das ilhas flúvio-marinhas do Pinto e do Caldeireiro, município de Fortim, na planície flúvio-marinha do rio Jaguaribe.

Nesses setores de acréscimo são encontradas diferentes gerações de mangue (figura 35). Evidenciando a dinâmica deste ecossistema e a capacidade do

mesmo em adequar-se à inconstância do ambiente, constatou-se na ilha do Pinto, município de Fortim, o manguezal desenvolvendo-se sob entulhos e sobras de materiais da construção civil (figura 42).

Fotos: CARVALHO-NETA, 2007.

Figura 42: Vegetação de mangue se desenvolvendo sob entulhos na ilha do Pinto, município de Fortim, planície flúvio-marinha do rio Jaguaribe.

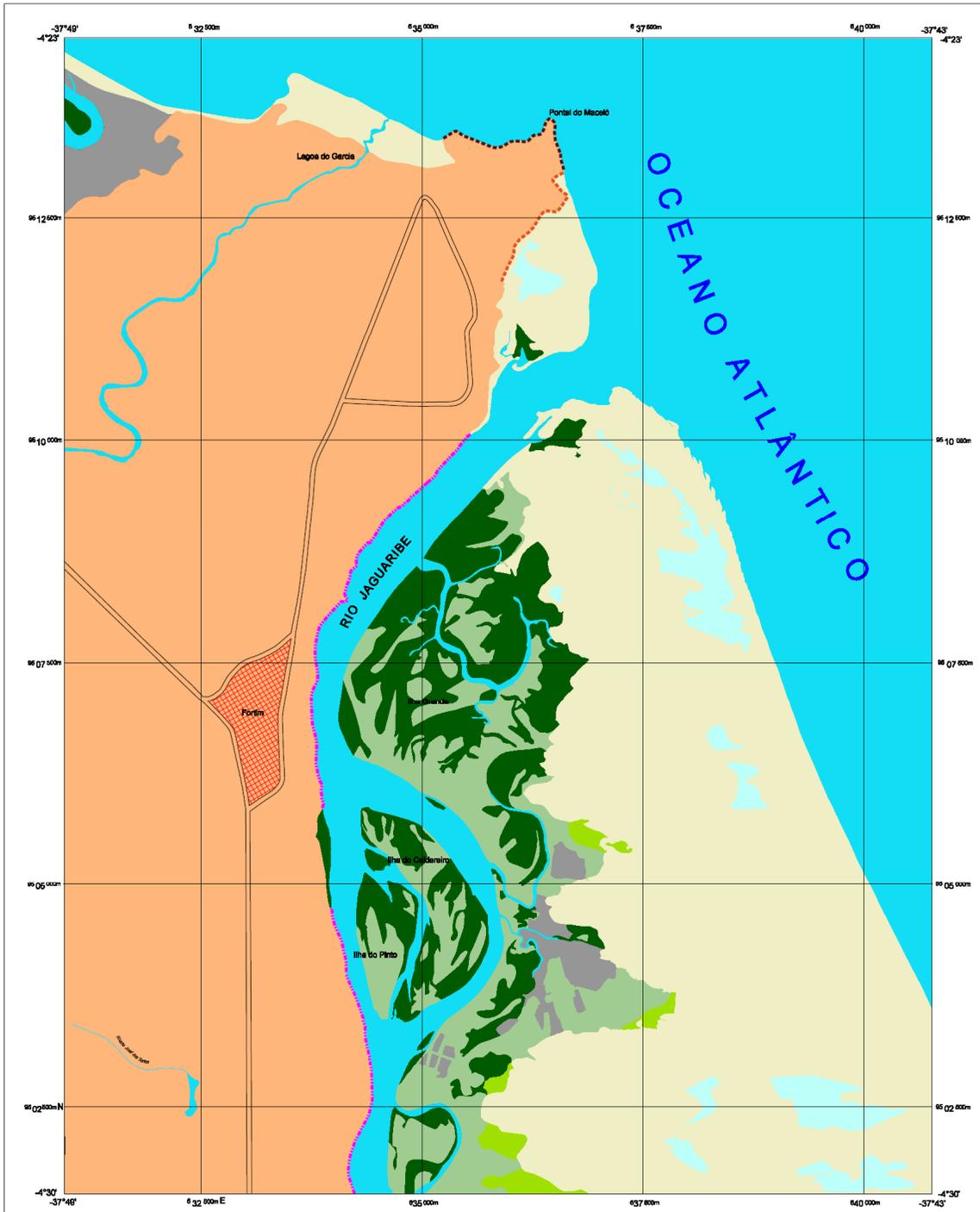


Os resultados apresentados referentes à expansão de áreas ocupadas por manguezal negam o discurso de muitos empresários envolvidos com a atividade de criação de camarão em cativeiros, que dizem que nada pode ser feito por esse ambiente depois de sua alteração. Por outro lado, a expansão de manguezal, não indica haver um equilíbrio ambiental. Na verdade, ao novo ver, isto está longe de ocorrer.

Devemos na verdade, nos remeter às alterações ocorridas na desembocadura fluvial do rio Jaguaribe, como respostas do sistema, às quais possuem efeito do tipo “dominó” - cada modificação acarreta outra modificação -,

que condiciona outra resposta. As alterações estão, assim, associadas em forma de cadeia.

A síntese dessas alterações ao longo dos 40 anos de análise da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe é apresentada na figura 43, intitulada “Mapa de evolução geomorfológica atual e análise ambiental da foz do rio Jaguaribe”, gerada a partir do cruzamento dos mapas de cada ano analisado.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
MESTRADO EM GEOGRAFIA
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR

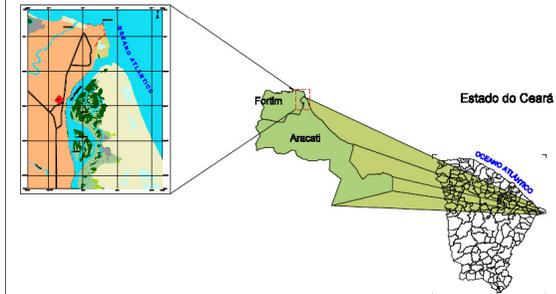


Evolução Geomorfológica Atual e Análise Ambiental da Foz do Rio Jaguaribe/Ceará

Maria de Lourdes Carvalho Neta
Prof.ª Dr.ª Vanda Claudino - Sales (Orientadora)

FIGURA 31:
MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA FOZ DO RIO JAGUARIBE/CE (2007)

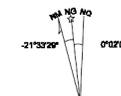
Localização da Área de Pesquisa, Foz do Rio Jaguaribe, Municípios de Fortim e Aracati (Ceará)



LEGENDA

- Faixa de praia, flechas litorâneas e dunas móveis
- Dunas Fixas
- Planície flúvio-marinha ocupada por carcinicultura
- Planície flúvio-marinha ocupada por salgado e apicum
- Planície flúvio-marinha ocupada por manguezal
- Áreas de defloração com presença de lagoas
- Recursos hídricos (oceano, rio Jaguaribe)
- Tabuleiros Costeiros
- Paleo Falésias
- Paredão Fluvial
- Falésias Atuais - Ponta de Maceló
- Núcleo Urbano
- Vias de acesso

Declinação Magnética em 2007
Convergência Meridiana do Centro da Folha

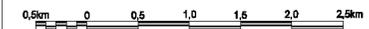


A Declinação Magnética
Cresce 5'42" Anualmente

Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator

Datum Geodésico Horizontal: SAD - 69

Escala 1:50.000



BASE CARTOGRÁFICA

Imagem de satélite SPOT e QuickBird datadas de 2004
Chegagem de campo realizada em 2007

EXECUÇÃO TÉCNICA

Maria de Lourdes Carvalho Neta

Capítulo 07

7. A FOZ DO RIO JAGUARIBE: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até meados do século XX os mecanismos naturais atuantes no estuário do Rio Jaguaribe não foram muito alterados em razão de atividades sociais. Mudanças de caráter sócio-ambiental passaram a ocorrer, sobretudo, ao longo das últimas décadas, de forma a modificar o padrão normal de funcionamento natural do sistema, implicando na ocorrência de processos de degradação ambiental.

O rio Jaguaribe representa um importante elemento natural da paisagem e do território cearense. As atividades econômicas e sociais que se desenvolvem atualmente no seu médio e baixo curso e no entorno de sua foz – sobretudo a agricultura irrigada, as atividades de carcinicultura, o barramento do curso fluvial para efeito de controle de enchentes e abastecimento de água, para fim industrial e urbano, ampliam essa importância, transformando esse espaço em *locus* de atenção privilegiada por parte dos agentes de produção do espaço geográfico local, nacional e internacional. Tal atenção fica evidente através do projeto do Governo Federal, já em curso, de transposição das águas do Rio São Francisco, a partir do Estado da Bahia, para essa bacia fluvial, na perspectiva, sobretudo, de ampliar as práticas de irrigação voltadas para a produção agrícola destinada a abastecer o mercado internacional de frutas tropicais e fornecer água para atividades industriais, como aquelas associadas ao Porto do Pecém, no litoral central do Ceará.

Um elemento fundamental dessas mudanças ambientais introduzidas nos últimos anos foi a construção da ‘mega-barragem’ Castanhão, na década de 1990, no médio curso do rio Jaguaribe. O Castanhão teve por objetivo principal, controlar as cheias no baixo curso do Jaguaribe e, nesse sentido, obteve sucesso. Com efeito, os dramas associados às enchentes durante a quadra invernal desapareceram do cotidiano das populações ribeirinhas que habitam o médio e baixo curso do Jaguaribe, e outras práticas de uso das margens fluviais, como associadas à agricultura irrigada, tiveram incentivos, a partir de então.

No entanto, novas situações surgiram como a diminuição do transporte de sedimentos e da carga sólida e de fundo do curso fluvial, além da eliminação do fluxo de água doce a partir da barragem de Itaiçaba, situado 40 km à montante da foz. A principal alteração ambiental produzida por essas novas situações

corresponde ao aumento da salinidade do rio a montante e a instalação de processos de progradação à margem direita da foz do rio.

O presente trabalho teve a pretensão de pautar essas mudanças sociais e naturais presentes na foz do Jaguaribe ao longo das últimas décadas, com o objetivo de ressaltar a problemática ambiental resultante dessas atividades sociais e econômicas, como forma de sugerir o quadro ambiental para o futuro. Dessa análise, resultaram diferentes mapas geoambientais, elaborados a partir do uso de um conjunto de técnicas associadas ao sensoriamento remoto. Esse instrumento técnico, utilizado a partir da manipulação de fotografias aéreas e imagens de satélite, mostrou-se bastante eficiente no desenvolvimento dos mapas produzidos e trabalhados, contendo informações em escala de 1:50.000. Portanto, com um grau de detalhamento capaz de permitir a apreensão das principais mudanças ambientais presentes na foz do rio.

A análise desses materiais, realizada para um período de aproximadamente 40 anos, incidiu sobre o comportamento das unidades geoambientais e feições geomorfológicas existentes na desembocadura fluvial do rio Jaguaribe, e permitiu efetuar a análise da evolução da planície litorânea, que confirma hipóteses de trabalhos anteriores, no sentido de externar que os períodos de estiagem prolongados, que naturalmente ocorrem na bacia do Rio Jaguaribe, associado às interferências causadas pelos barramentos, acabaram por proporcionar erosão dos cordões arenosos do tipo flechas litorâneas que existiam acoplados à margem direita do rio. Assim, na margem esquerda da desembocadura fluvial, destaca-se um acentuado processo de erosão.

Com efeito, as mudanças periódicas no regime de precipitações, assim como a diminuição no aporte de sedimentos produzidos pelo barramento do fluxo fluvial, promoveram a formação de diversos bancos arenosos no entorno da foz – por diminuição da competência fluvial - e por toda a antepraia da margem direita. Tais depósitos causaram mudanças na morfologia de fundo, as quais desencadearam um processo de refração de ondas no local, promovendo o surgimento de processos erosivos na margem esquerda.

Nesse sentido, parece haver uma tendência à migração permanente da foz do rio Jaguaribe em direção a oeste. Essa migração mostra-se relativamente contida nos setores estuarinos a montante da foz, dada a presença de afloramentos

da Formação Barreiras e da Formação Tibau na forma de paredão fluvial ao longo da margem esquerda, os quais impõem resistência à deriva do leito fluvial. No entanto, o avanço em direção à margem esquerda parece indicar tendência à continuidade, considerando que, além da erosão das flechas litorâneas, ocorre ainda atualmente a completa desestruturação da faixa de manguezal ali instalada, com erosão da faixa de praia associada e assoreamento da área ocupada por vegetação, fato que evidencia a invasão desse segmento de ecossistema pelas ondas e pelas correntes de marés que se formam na entrada do estuário.

Outra mudança significativa no meio estuarino resultante das formas de uso e ocupação do vale do Jaguaribe é associada às áreas da planície flúvio-marinha ocupadas por manguezal. Com efeito, tais segmentos sofreram, no local de pesquisa, um acréscimo de aproximadamente 13% em sua área ao longo dos quarenta anos de análise. Parte desse acréscimo corresponde às áreas de crescimento das ilhas flúvio-marinhas, as quais sofreram um aumento superior a 30%.

Esta expansão das áreas de manguezal é, há algum tempo, comemorada por grupos de carcinicultores e alguns órgãos públicos ambientais. No entanto, o conhecimento acerca das questões da dinâmica e dos processos de degradação ambiental leva a considerar que a situação não permite comemorações, nem tampouco chancela apoio às práticas associadas à carcinicultura.

Sabe-se que o ecossistema manguezal é constituído de feições como áreas de salgado e bancos de areias que acabam por evoluir e podem continuar evoluindo, até permitir a sua colonização por vegetação de mangue. A ausência de transporte de sedimentos, em função da diminuição da competência do rio ao longo das últimas décadas, assim como a distribuição pela ação das ondas e correntes de marés dos sedimentos oriundos da erosão das flechas litorâneas parecem ter propiciado a ampliação da formação de bancos de areia no leito, bem como a progradação das praias das ilhas flúvio-marinhas, de maneira a aumentar a possibilidade de ampliação da colonização desses depósitos pela vegetação de manguezal. Nesses termos, essa expansão das áreas ocupadas por manguezal está longe de significar equilíbrio ambiental.

Com efeito, as áreas de manguezal que passaram por processo de expansão, entre os anos de 1968 e 1988, são o resultado da regeneração de *apicuns*. Contrariamente, a diminuição das áreas ocupadas por manguezal, constatada entre 1988 e 2004, é resultado direto da intensificação das atividades de

carcinicultura no Estado, em especial no recorte estudado. Com efeito, para a instalação dessa atividade, o manguezal é desmatado e as áreas ocupadas anteriormente pela vegetação natural passaram a ser ocupadas por viveiros de camarão, implicando, portanto, em diminuição da biodiversidade e em empobrecimento das cadeias alimentares que se estabelecem no ecossistema manguezal. A degradação da qualidade das águas fluviais, também, é subproduto da prática de criação de camarão em cativeiro, tal qual vem sendo realizada no Estado e na área de pesquisa.

Essa oscilação das áreas ocupadas por manguezais e apicuns parece ser uma resposta direta às interferências humanas que se verificam mais no interior da bacia de drenagem, sobretudo associadas ao barramento do recurso hídrico, no caso particular do rio Jaguaribe, que desde a década de 80 o seu regime natural vem sendo afetado pela instalação de barragens, de forma a diminuir a sua competência fluvial.

Nesse tocante, coloca-se o fato de aumento da salinidade das águas do recurso hídrico, em função da construção das barragens. As barragens retêm as águas doces e, dessa forma, permitem que a água do mar avance no estuário, ampliando a salinidade na planície fluvial, sendo responsável pelo aumento da área de manguezal. Nota-se isto na foz do rio Jaguaribe, ou seja, a expansão do manguezal é notada exatamente para montante, em direção ao interior do rio.

Assim sendo, o que parece está ocorrendo na verdade, é o sufocamento do ecossistema fluvial de água doce pelo ecossistema flúvio-marinho. Tal fato atesta a ocorrência de um processo de degradação ambiental acelerada. Dessa maneira, não há, a nosso ver, motivos para comemorações por parte da sociedade, pois os manguezais não vêm exatamente passando por processo de crescimento em função de equilíbrio ambiental, mas ao contrário: o rio é que está morrendo, com ampliação do setor de estuário.

Com base nesses resultados e nos conhecimentos adquiridos ao longo da pesquisa, salientamos ser imprescindível, para o uso adequado da região da foz do rio Jaguaribe, uma análise da dinâmica costeira, bem como um freio nas atividades de carcinicultura e na instalação de barragens. Uma avaliação real dos custos-benefício dessas atividades e os riscos ambientais para o estuário, como um todo, deveria então ser realizado, com urgência. Pois os ambientes naturais vêm sendo indiscriminadamente utilizados para atividades econômicas diversas sem que sejam

levados, efetivamente em consideração os impactos ambientais resultantes dessas atividades. O momento atual indica, no entanto, a necessidade de precaução, pois a que tudo indica, vivencia-se um período de crise ecológica, com previsão de aquecimento global, derretimento de calotas de gelo e conseqüente subida do nível do mar, fatos que poderão ampliar e maximizar, de maneira ainda não compreendida, os impactos das alterações em curso.

Assim, concluímos que as modificações geomorfológicas atuais e no quadro ambiental da desembocadura fluvial do rio Jaguaribe, nos últimos 40 anos, são resultados de problemas ligados, tanto ao quadro natural do rio e de seus afluentes, quanto ao uso inadequado do recurso hídrico, contribuindo, significativamente, para o comportamento ambiental encontrado na área.

Doravante deve-se cumprir o preconizado pelos órgãos nacionais e estaduais voltados para a defesa do meio ambiente. Estes recomendam o desenvolvimento sustentável, o qual agrega atividades econômicas com justiça social e preservação ambiental. Tal modelo de desenvolvimento econômico deve, na verdade, ser implementado em qualquer meio, quer sejam rios, estuários, manguezais, praias, dunas, serras ou sertões.

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.; BRITO NEVES, B.B; CARNEIRO, C. D. R. **The origin and evolution of the South American Platform**. Earth Science Reviews, n 50, 2000. 77-111p

ANDRADE, R. S. **Da transposição das águas do rio São Francisco à revitalização da bacia**: as várias visões de um rio. Fórum permanente de defesa do São Francisco/ International rivers network/Coalizão rios vivos, 2002. 44 p

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno: a verdadeira origem do Grupo Barreiras. In: **Anais do X Congresso da Abequa, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. Guarapi: Espírito Santo, 9 a 16 de outubro, 2005.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **Cadernos de Ciência da Terra**. São Paulo, Instituto de Geografia USP, v. 3, 1969, 1-21 p.

BETÁRD, F. **Mapas** - Produção Pessoal. 2005.

BITTENCOURT, A. C. S.P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G. DA S.; FLEXOR, J.M. Marine formations of the coast of state of Bahia (Brazil). In: Proc. Int. Symp. Coastal Evol. in the Quaternary. São Paulo, 1979. 232-253p

BOILLOT, G. **Géologie des Marges Continentales**. Masson: Paris, 1990.134 p.

BORTOLETO, E. M. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discurso e impactos. In: **GEOGRAFARES**. Vitória, n° 2, junho de 2001. 53 – 62 p.

BRASIL, **Dados pluviométricos mensais do Nordeste** – Estado do Ceará. Recife: SUDENE-DPG-PRN-HME, 1990. v. 1 – série pluviometria 3. 366 p.

BRITO NEVES, Benjamim Bley de. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. In: **Anais VII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Sociedade Brasileira de Geologia – SGB**. Bahia, 1999. 11 – 13 p.

CABY, R.; ARTHAUD, M.H.; ARCHANJO, C.J. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustals units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamics implications. In: Silva Filho, A.F.; Lima, E.S. (eds.). **Geology of The Borborema Province**. Journal of South America Earth Science, 1995. 235-246p

CASANOVA, Marco; CÂMARA, G; DAVIS, Clodoveu; VINHAS, Lúbia; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro (Org.). **Bancos de Dados Geográficos**. 1. ed. Curitiba: Editora Mundo Geo, 2005. v. 1. 504 p.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais CPRM/ Centrais Elétricas Brasileiras – ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, 1994.

CASTELO BRANCO, M.P.N. **Sistemas Depositionais da Região Costeira do Estado do Ceará** (Folhas Parajuru e Aracati). Dissertação de Mestrado. Recife: UFPE, 1996.

CAVALCANTE, A. A. **Aspectos da produção de sedimentos e seus efeitos na Gestão dos recursos hídricos no Baixo Vale do rio Jaguaribe – CE**. Dissertação de Mestrado em Geografia (MAG/UECE). Fortaleza - CE. 2001.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente; Instituto de Ciências do Mar *et al.* **Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará – Zona Costeira**. Fortaleza: SEMACE, 2006. 147 p il.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**: introdução. São Paulo: Hucitec: Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 106 p.

CLAUDINO SALES, V. **Les littoraux du Ceará**: evolution geomorphologique de la zone côtière de l'Etat du Ceará, Brésil – du long terme au court terme. Thèse de Doctorat, Université Paris Sorbonne, Paris: 2002. 511 p.

CLAUDINO SALES, V. Geografia, Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica. **Revista Geosp**, N° 16, São Paulo, 2004. 125 – 141 p.

CLAUDINO SALES, V. Os litorais cearenses. In: SILVA, J. B. (Org). **Ceará**, um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. 231 – 260 p.

COGERH. **A gestão das águas no Ceará**. Fortaleza: COGERH, 2002. 49 p.

COGERH. **Anuário do monitoramento quantitativo dos principais açudes do estado do Ceará**. Fortaleza: COGERH, 2003. 238 p.

COGERH. Site da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Disponível em: http://www.srh.ce.gov.br/linhasdeacoes_acudes.asp, acesso em outubro de 2006.

CPRM. **Atlas Digital dos Recursos Naturais do Estado do Ceará**. 2003.

CRUZ, O. Alguns conhecimentos básicos para fotointerpretação. **Aerofotogrametria**. São Paulo, IGEO-USP, n. 25, 1981, 13 p.

CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (Org). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2ª ed., 1998. 337-379 p.

ELIAS, D (Org.). **O novo espaço da produção globalizada**: o baixo Jaguaribe - CE. Fortaleza: FUNECE, 2002. 363p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1999.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

FREITAS, C. M. **Georreferenciamento de Imagens**. INPE: 2004. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring>, acesso em abril 2007.

FUCKS, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004. v. 1. 209 p.

FUNCEME. **Monitoramento dos Espelhos D'água dos Açudes no Estado do Ceará**. Fortaleza-CE. 1988.

GATTO, L. C. S. (Supervisor). **Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jaguaribe: diretrizes gerais para a ordenação territorial**. Salvador/BA. IBGE:1999. 77p.

GIRÃO, V. C. O processo de ocupação e implantação dos primeiros núcleos urbanos na Capitania do "Siará Grande". In: SOUZA, S (Coord.). **História do Ceará**. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1994. 24-44 p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 472p.

GUERRA, A. J.; GEURRA, A. J. T. **Novo Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1997.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 394p.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T (Org.) **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 225-256 p.

HESP, P. A gênese de cristas de praias e dunas frontais. In: **MERCATOR** – Revista do departamento de Geografia. Fortaleza: UFC, ano 01, n 2, 2002. 119-125p.

IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fortaleza, 1997. 64p. (Mapas coloridos – escala 1:1.500.000).

KAMPEL, M; AMARAL, S. **Imagens CCD/CBRES como alternativa para o monitoramento de ecossistemas costeiros: manguezais no Nordeste do Brasil**. In: Simpósio Latino-Americano de Percepção Remota, Chile, 2004.

KAMPEL, M; AMARAL, S; SOARES, M. L. G. **Imagens CCD/CBRES e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste Brasileiro. Um estudo no litoral do Estado do Ceará**. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril, INPE, 2005. 979-986 p.

LABOMAR. **Caracterização sedimentológica da zona estuarina do rio Jaguaribe**. UFC/LABOMAR. 2006. 18p.

LACERDA, L. D. Impacto de atividades em bacias de drenagem e mudanças globais sobre a região costeira do semi-árido do nordeste do Brasil. In: CLAUDINO-SALES, V (Org). **Ecosistemas Brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. 229-236p (ISBN:8590039543-X).

LACERDA, L. D. MAIA, L. P. MONTEIRO, L. H. U. SOUZA, G. M. BEZERRA, L. J. C. MENEZES, M. O. T. Manguezais do Nordeste e mudanças ambientais. In: **Revista Ciência Hoje**. Volume 39, n° 229, agosto 2006. 24-29 p.

LEAL, J.R.L.V. **Zoneamento Geoambiental da Área de Proteção Ambiental de Canoa Quebrada – Aracati – Ceará**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. 210p.

LEVIN, N.; TSOAR, H.; MAIA, L. P.; CLAUDINO SALES, V.; HERRMANN, H. Dune whitening and inter-dune freshwater ponds in NE Brazil. In: **Revista CATENA**, 2006.

LIMA, Maria Auxiliadora Oliveira. **Análise da dinâmica têmporo-espacial do mangue do estuário do Rio Jaguaribe – Ceará**. (Dissertação de Mestrado, DEHA/ UFC). Fortaleza: 2004. 109 p.

MAIA, L. P. **Controle tectônico e evolução geológica sedimentológica da região da desembocadura do rio Jaguaribe – CE**. Dissertação de Mestrado, UFPE. Recife, 1993. 144 p.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a l o largo de Fortaleza (NE-Brasil)**: Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, Facultat de Geologia, Departement d'Estratigrafia i Paleontologia, 269p. 1998.

MAIA, R. P. **Planície fluvial do rio Jaguaribe**: evolução geomorfológica, ocupação e análise ambiental. Dissertação de Mestrado, UFC. Fortaleza, 2005. 161 p.

MARINS, R.V.; LACERDA, L.D.; ABREU, I.M. & DIAS, F.J.S. Efeitos da açudagem no rio Jaguaribe. In: **Ciência Hoje**. Volume 33, n° 197, setembro 2003. 66-70 p.

MATOS, R. M. D. **The Northeast Brazilian Rift System**. Tectonics, Vol. 11, New York, EUA, 1992.

MATOS, R. M. D.. Abertura do Atlântico Sul: Riftes na margem equatorial? In: **anais do VII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos** – Sociedade Brasileira de Geologia. Bahia, 1999.

MATOS, R. M. D. **Tectonic evolution of the equatorial south atlantic**, American geophysical union, 2000.

MEIRELES, A. J. A. **Morfologia Litoral y sistema evolutivo de la costa de Ceará – Nordeste de Brasil**. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, España, 2001.

MEIRELES, A. J. A. Geomorfologia e dinâmica ambiental da planície litorânea entre as desembocaduras dos rios Pacoti e Ceará, Fortaleza – Ceará. **In: Geonotas** – Revista UEM/ Maringá. Vol 5; N° 1 – jan.fev.mar 2002.

MELLO, João A. T. **Manguezal ameaçado**: impactos sociais e ambientais da criação de camarão em cativeiros. Brasília: Câmara dos Deputados, 2005. 42 p.

MENESCAL, R. A. OLIVEIRA, S. K. F. FONTENELLE, A. S. VIEIRA, V. P.P. B. Acidentes e incidentes em barragens no Estado do Ceará. **In: Anais do XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens**. Fortaleza – CE. 2001.

MENEZES, M. O. B; LEHUGEUR, L. G. O; CASTELO BRANCO, M. P. N. Contribuição geológica à carta de sensibilidade ambiental dos ecossistemas costeiros do litoral leste do Estado do Ceará ao derramamento de óleo. In: CLAUDINO-SLES, V (Org). **Ecossistemas Brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. 229-236p (ISBN:8590039543-X).

MONTEIRO, L. H. U. **Estudo das áreas de mangues entre os estados Piauí e Pernambuco com um enfoque para o estado do Ceará nos anos de 1978 e 1999/2004 utilizando sensoriamento remoto**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Labomar/UFC, 2005. 125p

MORAES, R. M. **Caracterização geológica e geofísica dos pacotes sedimentares da borda noroeste da bacia Potiguar (Aracati-Ce)**. Monografia de graduação. Fortaleza: UFC, 1995. 80p

MORAIS, J O. Processos de impactos ambientais em zonas costeiras. **In: Revista de Geologia** – Geologia do planejamento ambiental. Fortaleza: UFC, 1996, Volume 9. 191-242p.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

NASCIMENTO, F. R. **Recursos naturais e desenvolvimento sustentável**: subsídios ao gerenciamento ambiental na sub-bacia do baixo Pacoti-Ce. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: UECE, 2003. 154p

NIMER, E., BRANDÃO, A. M. P. M. **Balço Hídrico Anual a partir de Valores Normais e Tipologia Climática**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 1985.

OLIVEIRA, A. A. M. **Mapeamento geológico da região costeira do município de Aracati-Ce**. Monografia de graduação. Fortaleza: UFC, 1995. 70 p.

OLIVEIRA, F.F.G; NUNES, E. Sensoriamento remoto na análise espaço-temporal da expansão da mancha urbana em Natal/RN (1969-2002). **In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, Brasil, 16-21 de abril de 2005. 3871-3878 p.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 3ª ed., 1980.

PEREIRA, R. C; SILVA, E. V. Solos e Vegetação do Ceará: características gerais. In: SILVA, J. B; CAVALCANTE, T. DANTAS, E. W. C (Org). **Ceará, um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

PEULVAST, J. P. CLAUDINO SALES, V; **Stepped surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian <<Nordeste>>**: Constraints on models of morfotectonic evolution. *Geomorphology* 62, 2004.

PEULVAST, J. P. CLAUDINO SALES, V. Reconstruindo a evolução de uma margem continental passiva: um estudo morfogenético do Nordeste brasileiro. In: SILVA, J. B; LIMA, L. C; ELIAS, D. (Org.). **Panorama da geografia brasileira 1**. São Paulo: Annablume, 2006. 277-318p

PINHEIRO, L S; PAULA, D P; MORAIS, J O. Dinâmica ambiental do estuário do rio Jaguaribe: impactos nos processos termohalinos a partir da construção de barragens. In: PINHEIRO, D R C(Org). **Desenvolvimento Sustentável: desafios e discussões**. Fortaleza: ABC Editora, 2006. 99-112p (ISBN: 85-7536-181-3).

PINHEIRO, M. V. A; SALES, M. C. L. Determinação do balanço hídrico como subsídio para o estudo da dinâmica costeira cearense. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Natal, UFRN, 8 a 13 de julho de 2007.

POR, FRANCIS DOV. **Guia ilustrado do manguezal brasileiro**. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 1994. 82p.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, Vol. 23, 1981.

RODRIGUEZ, J.M; SILVA,E.V; CAVALCANTE.A.P.B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. EDUFC, Fortaleza, 2004. 222 p.

SEMACE. Site da Superintendência do Meio Ambiente do Estado do Ceará. Disponível no endereço: www.semace.ce.gov.br acesso em abril 2007.

SILVA, E. V. **Geoecologia da paisagem do litoral cearense: uma abordagem a nível de escola regional e tipologia**. Tese de Professor Titular, Departamento de Geografia, UFC, Fortaleza, 1998, 282 p.il.

SNUC. **Sistema Nacional de Unidades de conservação**: texto da Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 e vetos da presidência da República ao PL aprovado pelo congresso Nacional. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2000. 2ª edição ampliada. 76 p.

SOTCHAVA, V.B. **O Estudo dos Geossistemas**. Método em Questão. nº 16, IGEO/ USP. São Paulo, 1977.

SOUZA, M. J. N. Contribuições ao estudo das unidades morfoestruturais do Ceará. In: **Revista de Geologia**, volume 1. 1988.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: **Lima, L. C. Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000; 6 – 98p.

SOUZA, M. J. N.; VIDAL, W. P. O; GRANGEIRO, C. M. M. Análise Geoambiental. In: **Elias, Denise (Org). O novo espaço da produção globalizada: o baixo Jaguaribe/CE**. Fortaleza: FUNECE, 2002. 23 – 89 p.

SUGUIO, K. et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. In: **Revista Brasileira de Geociências**, 1985.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. IBGE, 97 p. 1977.

TROPPIAIR, H. **Sistemas, geossistemas, geossistemas paulistas, ecologia da paisagem**. Rio Claro: São Paulo, 1989.

TSOAR, H; ARENS, S.M. Mobilização e Estabilização de Dunas em Climas Úmidos e Secos. In: **Mercator** - Revista do departamento de Geografia. Fortaleza: UFC. n 5, ano 3, 2003. 131-144p

VIDAL, M. R. **Proposta de gestão ambiental para a Reserva Extrativista do Batoque – Aquiraz/Ce**. Dissertação de Mestrado. UFC, Fortaleza: 2006. 156 p.

ZANARDI, R P; ROLIM, S B A; BIELENKI JÚNIOR, C; ALMEIDA, C A M. Análise de Processamento e Georreferenciamento Imagens do Satélite CBERS-1. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2005, Goiânia, GO. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, SP : INPE, 2005. p. 1149-1156.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B; CAVALCANTE, T. DANTAS, E. W. C (Org). **Ceará, um novo olhar geográfico**, 2005.

Evolução Geomorfológica Atual e Análise Ambiental da Foz do Rio Jaguaripe, Paraná

