

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

QUÉSIA DUARTE DA SILVA

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ILHA DO MARANHÃO

Presidente Prudente

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO EM GEOGRAFIA**

QUÉSIA DUARTE DA SILVA

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ILHA DO MARANHÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, para a obtenção do título de Doutora.
Orientador: Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes

Área de concentração: Dinâmica e Gestão Ambiental

Presidente Prudente

2012

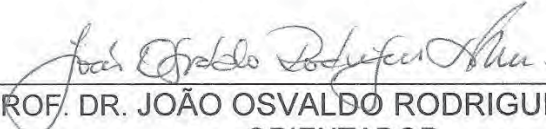
S585m Silva, Quésia Duarte da.
Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão / Quésia Duarte da
Silva. - Presidente Prudente : [s.n], 2012

249 f. : il.

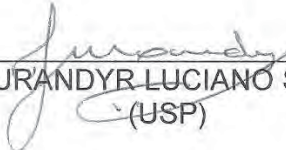
Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Mapeamento geomorfológico. 2. Geomorfologia costeira. 3. Ilha do
Maranhão. I. Nunes, João Osvaldo Rodrigues. II. Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.


BANCA EXAMINADORA




PROF. DR. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES
ORIENTADOR




PROF. DR. JURANDYR LUCIANO SANCHES ROSS
(USP)



PROFA. DRA. NINA SIMONE VILAVERDE MOURA
(UFRGS)



PROFA. DRA. EDILÉA DUTRA PEREIRA
(UFMA)



PROF. DR. PAULO CESAR ROCHA
(UNESP/FCT)



QUÉSIA DUARTE DA SILVA

Presidente Prudente (SP), 19 de abril de 2012.

Resultado: APROVADO

*Aos meus pais José Ângelo (in memoriam) e
Antônia e à minha filha Júlia.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida;

Ao Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes, pela confiança, amizade, apoio, estímulo, sugestões, orientação e valiosa troca de conhecimentos durante o desenvolvimento da pesquisa;

À minha pequena filha, Júlia, pelo amor e compreensão, imprescindíveis para o êxito deste trabalho;

Aos meus pais José Ângelo (in memoriam) e Antônia, irmãos (Rosângela, Silas, Susie e Queila), cunhados, cunhada e sobrinhos maravilhosos, por fazerem parte de minha vida e dar à ela, um brilho todo especial. Eu os amo muito;

À CAPES, pela bolsa concedida durante a estadia em Presidente Prudente e pela ajuda de custo para realização desta tese;

À Universidade Estadual do Maranhão, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, ao Centro de Educação, Ciências Exatas e Naturais, ao Departamento de História e Geografia e ao Curso de Geografia, pela oportunidade, apoio e incentivos;

À Prof^a. Dr. Íris Maria Ribeiro Porto, pelo constante apoio, encorajamento, amizade e sugestões durante o doutorado;

Aos professores doutores João Osvaldo Rodrigues Nunes, Paulo César Rocha, José Tadeu Garcia Tommaselli, João Lima Sant'Anna Neto, Margarete C. C. T. Amorim, Raul Borges Guimarães, Eliseu Savério Spósito, Messias Modesto dos Passos, Maria Aparecida de Moraes, Marcos Aurélio Saquet, Roberto Gonzalez Souza, Marcelo Lopes de Sousa, Olga Lúcia C. de Freitas Firkowski, Íris Maria Ribeiro Porto, Rui Jacinto, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente do Programa de Pós-graduação em Geografia e de outras Instituições de Ensino Superior, pela importante contribuição aos conhecimentos adquiridos durante o período do doutorado;

Aos professores Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross, Dr. Antônio Cordeiro Feitosa, Dra. Ediléa Dutra Pereira e Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos, pelas valiosas contribuições e conselhos no desenvolvimento da tese;

Aos amigos do Doutorado Interinstitucional UNESP de Presidente Prudente/UEMA, Ana Rosa Marques, Cláudio Eduardo de Castro, Francisco de Assis da Silva Araújo, Hermeneilce Wasti Aires Pereira Cunha, Luiz Carlos Araujo dos Santos, Marivânia Leonor Souza Furtado,

Regina Célia de Castro Pereira e Washington Luis Campos Rio Branco, pela camaradagem, rica convivência, ajuda e troca de experiências;

Ao Cláudio José da Silva de Sousa, Rafael Silva N., Sérgio Lopes Serra e Hugo Fernando Rodrigues Castro Castro, pela ajuda fundamental no trabalho de mapeamento;

À Maria Nazareth Ribeiro Lima, pela revisão do texto e sugestões;

À aluna Isabela Camila dos Santos Cunha de Oliveira, pela colaboração nas árduas jornadas dos trabalhos de campo, para caracterização dos perfis de solos;

Aos amigos de São Luís e de Presidente Prudente, pela alegria em tê-los;

A todos que contribuíram para o êxito deste trabalho.

Obrigada.

“A nossa capacidade vem de Deus” (II Co 3:5)

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ILHA DO MARANHÃO

RESUMO

Este trabalho estuda o relevo da Ilha do Maranhão, situada na porção norte do estado do Maranhão, na região costeira nordestina do Brasil. Objetiva analisar o relevo da área a partir dos níveis taxonômicos, para compreender as paisagens ocorrentes na área, com vistas ao planejamento ambiental. Objetiva também apresentar o quadro geoambiental da área, mapear os compartimentos do relevo e caracterizar as geoformas e os processos morfogenéticos e morfodinâmicos responsáveis pela formação e esculturação das morfologias. Nesta perspectiva, apresenta o conceito de paisagem nas diversas escolas epistemológicas; relaciona o conceito supracitado, e defendido neste trabalho, com a Geomorfologia e resgata aspectos da cartografia geomorfológica, ressaltando sua importância para os estudos das geoformas e para o planejamento ambiental. Adota a proposta metodológica de mapeamento geomorfológico de Ross (1992, 1994, 1997 e 2006) a partir da análise taxonômica do relevo, inspirada nas concepções de morfoestrutura e morfoescultura de Mescerjakov (1968) e Gerasimov e Mescherikov (1968) e na proposta de Demek (1967). Utiliza como procedimento metodológico para o alcance dos objetivos: seleção da área de estudo; levantamento bibliográfico e cartográfico; organização do ambiente de trabalho; vetorização dos mapas de geologia e de solos, elaboração dos mapas clinográfico e hipsométrico; geração da imagem sombreada do SRTM e da imagem sintética de composição colorida (RGB) e sombreada do SRTM; interpretação das imagens de satélite Landsat TM 5; elaboração do mapa das bacias hidrográficas, dos perfis topográficos transversais e da ficha de campo; realização dos trabalhos de campo; levantamento de dados morfométricos das bacias de drenagem; realização da análise estatística; elaboração dos mapas de compartimentação das bacias hidrográficas considerando índices morfométricos, da matriz de dissecação do relevo, do mapa de dissecação do relevo e do mapa geomorfológico. Apresenta como resultado, a partir da proposta metodológica adotada, dos dados levantados e gerados, da elaboração dos mapas temáticos, da matriz de dissecação e do quadro de correlações geoambientais a constatação de que todas as paisagens geomorfológicas da área de estudo estão no interior da 1ª e da 2ª unidades taxonômicas do relevo, sendo respectivamente, a Bacia Costeira de São Luís e o Golfão Maranhense. E ainda que este golfão apresenta dois subcompartimentos morfoesculturais, que incluem os relevos denudacionais e os agradacionais relacionados aos 3º e 4º níveis taxonômicos. Conclui-se que as morfologias denudacionais apresentam quatro modelados diferentes, a saber, os tabuleiros com topos planos, as falésias, as colinas esparsas e as formas de vertentes; que estas morfologias apresentam diferentes índices de dissecação, considerando-se a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem, com predomínio areal da classe de média dissecação; que as morfologias agradacionais são as planícies fluviais, os terraços marinhos, as paleodunas, as praias e dunas, os apicuns e as planícies de maré; que a paisagem é a representação do todo ambiental, dinâmico e complexo, ou seja, no enfoque totalizador e finalmente que as paisagens geomorfológicas da área de estudo são complexas, estão sujeitas às mais diversas alterações de curto, médio e longo prazo e resultam da interação dos processos naturais e antropogênicos.

Palavras-chave: Mapeamento geomorfológico. Geomorfologia costeira. Ilha do Maranhão.

GEOMORPHOLOGIC MAPPING OF MARANHÃO'S ISLAND

ABSTRACT

This work studies the relief of the island of Maranhão, located in the northern portion of the state of Maranhão, in the coastal northeast region of Brazil. It aims to analyze the relief of the area from the taxonomic levels to understand the landscape in the area aiming the environmental planning. It aims also to present the geoenvironmental table, to chart the compartments of the relief and to distinguish the landforms and the morphogenetic and morphodynamic processes responsible for the formation and the sculpturing of the morphology. To do so it presents the concept of landscape on the several epistemological approaches; it relates the concept above, and defended on this study, to Geomorphology and shows aspects of geomorphological cartography, highlighting its importance for the studies of morphology and environmental planning. It takes the Ross's (1992, 1994, 1997 and 2006) methodological proposal of geomorphological mapping from the taxonomic analysis of relief, inspired on the conceptions of Mescerjakov's (1968), Gerasimov's and Mescherikov's (1968) concepts of morphostructure and morphosculpturing as well as on the concept of Demek (1967). It uses as its methodological procedure to reach its goals: selection of the study area; bibliographic and cartographic survey; organization of the place of work; formulation of geology maps; ground's maps, climate's and hypsometric's maps; creation of a shaded image of SRTM and synthetic image of colored composition (RGB) and shaded of SRTM; interpretation of satellite images Landsat TM 5; creation of maps of hydrographic basins, of topographic cross profiles and the field form; realization of field's work, morphometric data drainage basins survey; statistical analysis; creation of maps of compartmentalization of hydrographic basins considering morphometric data; of matrix of dissection of relief; of map of dissection of relief and the geomorphological map. It presents as a result, considering the used methodological approach, the data generated and found, and the elaboration of thematic maps, the dissection matrix and the chart of geoenvironmental correlations, the finding that all geomorphological landscapes of the studied area are inside the 1st and 2nd taxonomic units of relief, that are named as Bacia Costeira de São Luís and Golfão Maranhense. And still that that nenuphar shows two morphosculpturing subcompartments, that include denudation and accumulation relieves related to the 3rd and 4th taxonomic levels. It concludes that the denudation morphology show four different models, that are flat summit trays, cliffs, sparse hills, and the slopes that those morphologies show different levels of dissection, considering the altimetric amplitude and the derange density, with the sand prevalence of medium dissection class; that morphologic accumulation are river plains; the marine terraces, the paleodunes, the beaches and dunes, the apicuns and the tidal flats; that landscape is a representation of the whole environment, dynamic and complex, what means in a whole emphasis and finally that the landscapes of the studied areas are complex and are subject to changes in short, medium or long term and result of the interaction between natural and human processes.

Key Words: Geomorphologic mapping. Coastal geomorphology. Island of Maranhão.

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 - Unidades taxonômicas do relevo	45
Figura 2 - Imagem do SRTM da Ilha do Maranhão e de Curupu	59
Figura 3 - Grade regular de altimetria do SRTM	60
Figura 4 - Imagem sombreada em níveis de cinza gerada a partir do SRTM ..	62
Figura 5 - Traçado do perfil topográfico transversal AB	66
Figura 6 - Traçado do perfil topográfico transversal CD	66
Figura 7 - Exemplo do critério adotado para o cálculo da amplitude altimétrica	69
Exemplo de uma bacia hidrográfica com mais de um par de transectos para o cálculo de amplitude altimétrica – bacia hidrográfica do Tibiri	
Figura 8 - Localizações dos transectos para o cálculo de amplitude altimétrica – bacia hidrográfica do Tibiri	70
Figura 9 - Localização da Ilha do Maranhão no Golfão Maranhense	78
Figura 10 - Localização da bacia costeira de São Luís	80
Figura 11 - Distribuição mensal das temperaturas médias, média das máximas e média das mínimas	93
Figura 12 - Distribuição mensal da precipitação média na cidade de São Luís, 2002 a 2009	94
Figura 13 - Velocidade dos ventos na Ilha do Maranhão	96
Figura 14 - Padrão de drenagem dendrítica no alto curso da bacia do rio Tibiri	110
Figura 15 - Padrão de drenagem retangular no alto curso da bacia do rio Santo Antônio	111
Figura 16 - Padrão de drenagem paralelo na bacia do rio Jeniparana	111
Figura 17 - Padrão de drenagem treliça na bacia do rio Paciência	112
Figura 18 - Padrão de drenagem treliça na bacia do rio Jeniparana	112
Figura 19 - Mapa holandês de São Luís de 1640	129
Figura 20 - Área ocupada e solo exposto na Ilha do Maranhão em 1988	134
Figura 21 - Área ocupada e solo exposto na Ilha do Maranhão em 2008	135
Figura 22 - Carta-imagem do Golfão Maranhense	141
Figura 23 - Setorização da Zona Costeira do Estado do Maranhão	142

Figura 24 -	Sistema de drenagem com morfologia de funil na foz do rio Jeniparana, na porção sudeste da Ilha do Maranhão, durante a maré alta	147
Figura 25 -	Sistema de drenagem com morfologia de funil na foz do rio Jeniparana, na porção sudeste da Ilha do Maranhão, durante a maré baixa	147
Figura 26 -	Zona de intermaré da planície de maré na foz do rio Tibiri, durante a maré de vazante, na porção sudeste da Ilha do Maranhão	148
Figura 27 -	Zona de intermaré da planície de maré na foz do rio Tibiri, durante a maré alta, na porção sudeste da Ilha do Maranhão	149
Figura 28 -	Mapa de localização da Laguna da Jansen	151
Figura 29 -	Barras de areia alongadas no baixo curso do rio Paciência	154
Figura 30 -	Baía de Curupu no momento da preamar, não sendo possível visualizar as barras de areia alongadas no baixo curso do rio Paciência	155
Figura 31 -	Localização das morfologias deposicionais e erosivas das costas sub-retilíneas na área de estudo	157
Figura 32 -	Perfil topográfico típico das praias da Ilha do Maranhão	158
Figura 33 -	Localização dos perfis topográficos praias	160
Figura 34 -	Perfis praias de São Marcos	160
Figura 35 -	Vista do pontal da praia da Ponta d'Areia, porção norte da Ilha do Maranhão	162
Figura 36 -	Imagem sintética de composição colorida (RGB) e sombreada do SRTM	179

LISTA DE MAPAS

	p.
Mapa 1 - Localização da área de estudo	23
Mapa 2 - Geologia da Ilha do Maranhão	82
Mapa 3 - Bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão	108
Mapa 4 - Dimensão areal por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	115
Mapa 5 - Índice de circularidade por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão .	117
Mapa 6 - Fator de forma por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	119
Mapa 7 - Solos da Ilha do Maranhão	121
Mapa 8 - Hipsometria da Ilha do Maranhão	176
Mapa 9 - Declividade da Ilha do Maranhão	180
Mapa 10 - Densidade de drenagem por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	186
Mapa 11 - Amplitude altimétrica por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão ...	190
Mapa 12 - Dissecação do relevo da Ilha do Maranhão	193

LISTA DE FOTOGRAFIAS

		p.
Foto 1 -	Manchas esbranquiçadas da Formação Itapecuru na base da falésia do Bonfim	85
Foto 2 -	Argilitos arroxeados na base do afloramento do Terciário Paleógeno próximo à barragem do Bacanga	86
Foto 3 -	Sedimentos do Terciário Paleógeno na área Itaqui-Bacanga	87
Foto 4 -	Formação Barreiras numa falésia próxima ao povoado de Cajueiro	88
Foto 5 -	Vista aérea dos depósitos de mangues na Laguna da Jansen	89
Foto 6 -	Vista aérea dos depósitos marinhos litorâneos na praia da Ponta d'Areia	90
Foto 7 -	Vista dos depósitos eólicos litorâneos da praia de Carimã, ilha de Curupu	91
Foto 8 -	Falésia ativa pela ação das ondas na Ponta do Itapari	102
Foto 9 -	Falésia ativa pela ação das ondas na Ponta do Caúra – maré baixa .	103
Foto 10 -	Falésia ativa pela ação das ondas na Ponta do Guarapiranga	103
Foto 11 -	Vista aérea da praia da Ponta d'Areia com marcas de ondulação	105
Foto 12 -	Vista aérea da praia da Ponta d'Areia com significativo depósito arenoso no sentido leste-oeste	105
Foto 13 -	Foz do igarapé de Curupu na baía do Curreal durante a maré enchente	107
Foto 14 -	Drenagem endorréica numa lagoa interdunar na ilha de Curupu	109
Foto 15 -	Drenagem endorréica na planície lacustre da ilha de Curupu	109
Foto 16 -	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA1)	123
Foto 17 -	Perfil típico dos Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários na Ilha do Maranhão – próximo à Praia da Guia, Mauro Fecury, Ilha da Paz	124
Foto 18 -	Neossolos Quartzarênicos Órticos Distróficos – Comunidade Alegria, Maracanã	125
Foto 19 -	Gleissolos – área de banho na Maioba, município de Paço do Lumiar	127
Foto 20 -	Palafitas na planície de maré	131

Foto 21 -	Estreito dos Mosquitos em preamar	143
Foto 22 -	Planície de maré em frente à baía do Curral, no município de Raposa	150
Foto 23 -	Planície de maré nas duas margens do rio Anil	150
Foto 24 -	Vista aérea da laguna da Jansen, com os canais de drenagem artificiais na Avenida Maestro João Nunes	151
Foto 25 -	Vista aérea da laguna da Jansen com uma densa ocupação no entorno	152
Foto 26 -	Apicum situado na porção sudoeste da Ilha do Maranhão	153
Foto 27 -	Barra de areia alongada na baía de Curupu	155
Foto 28 -	Canal de maré na baía de Curupu	156
Foto 29 -	Zona do estirâncio na praia do Canto, ilha de Curupu	159
Foto 30 -	Duna longitudinal na porção centro-norte da ilha de Curupu	164
Foto 31 -	Vista de uma duna barcana na praia de Carimã, ilha de Curupu	164
Foto 32 -	Lençóis de areia próximo ao povoado de Canto, ilha de Curupu	165
Foto 33 -	Dunas longitudinais vegetadas na praia de Carimã, ilha de Curupu	166
Foto 34 -	Dunas frontais na praia do Canto, ilha de Curupu	166
Foto 35 -	Paleodunas na porção central da ilha de Curupu, com espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas	168
Foto 36 -	Falésia ativa na porção leste da praia de Panaquatira, com terraço de abrasão	170
Foto 37 -	Vista aérea do contato do tabuleiro costeiro com paleodunas	172
Foto 38 -	Vista parcial do bairro Renascença com baixos tabuleiros costeiros	172
Foto 39 -	Vista do centro histórico de São Luís numa área colinosa	173
Foto 40 -	Vista aérea do centro histórico de São Luís, situado entre os rios Bacanga e Anil, com morfologias com topos planos e também colinosas	173
Foto 41 -	Vista panorâmica do relevo suave-ondulado, em forma de rampa, na porção nordeste da Ilha do Maranhão	174
Foto 42 -	Praia de São Marcos - ponto 1 do perfil AB	195
Foto 43 -	Vista da Avenida Litorânea com dunas fixas - ponto 1 do perfil AB	196
Foto 44 -	Vista de uma área com dunas vegetadas no contato com o tabuleiro com construções verticais - ponto 2 do perfil AB	197

Foto 45 -	Vista da Avenida Carlos Cunha numa área de tabuleiro com topo plano – ponto 3 do perfil AB	198
Foto 46 -	Vista da Avenida Daniel de La Touche numa área de tabuleiro com vertente retilínea - ponto 4 do perfil AB	199
Foto 47 -	Vista do viaduto do bairro Radional numa área de tabuleiro com topo convexo e vertente côncava - ponto 5 do perfil AB	200
Foto 48 -	Vista parcial da área do Aeroporto Cunha Machado num tabuleiro com topos planos - ponto 6 do perfil AB	201
Foto 49 -	Vista da vegetação característica de fundo de vale da planície fluvial - ponto 7 do perfil AB	202
Foto 50 -	Vista da estrada localizada num tabuleiro com topo convexo - ponto 8 do perfil AB	204
Foto 51 -	Vista da estrada localizada num tabuleiro com vertente retilínea - ponto 9 do perfil AB	204
Foto 52 -	Planície de maré - ponto 10 do perfil AB	205
Foto 53 -	Zona de intermaré - ponto 10 do perfil AB	206
Foto 54 -	Vista da zona de supramaré - ponto 10 do perfil AB	206
Foto 55 -	Berma do terraço marinho - ponto 10 do perfil AB	207
Foto 56 -	Falésias ativas na costa sudeste da Ilha do Maranhão - ponto 10 do perfil AB	208
Foto 57 -	Vista panorâmica da estreita planície de maré do porto do Cajueiro – ponto 1 do perfil CD	209
Foto 58 -	Vista parcial de uma área de extração de areia – ponto 2 do perfil CD	210
Foto 59 -	Tabuleiro dissecado e aterrado situado na porção central da ilha – ponto 3 do perfil CD	211
Foto 60 -	Cabeceira de drenagem em anfiteatro – ponto 4 do perfil CD	212
Foto 61 -	Área de tabuleiro com topos planos e densamente ocupada - ponto 5 do perfil CD	212
Foto 62 -	Vertente ocupada e alterada pela ação humana – ponto 6 do perfil CD	213
Foto 63 -	Vista panorâmica da área úmida da planície fluvial do rio Paciência – ponto 7 do perfil CD	214

Foto 64 -	Porto de Pindoba – ponto 8 do perfil CD	215
Foto 65 -	Campo de dunas na ilha de Curupu com atulhamento de uma planície de maré - ponto 9 do perfil CD	215
Foto 66 -	Marca ondulada pela ação do vento de uma crista dunar do ponto 9 do perfil CD	216
Foto 67 -	Avanço do campo dunar em direção à planície de maré pela ação do vento	217
Foto 68 -	Vista de paleodunas vegetadas circundadas por planícies lacustres .	218

LISTA DE QUADROS

	p.
Quadro 1 - Classes de densidade de drenagem	72
Quadro 2 - Classes da amplitude altimétrica	73
Quadro 3 - Classes do índice de circularidade – Ic	73
Quadro 4 - Classes do fator de forma – Kf	73
Quadro 5 - Alturas máximas de chuva em 24 horas, em São Luís nos períodos de 1931- 1960, 1971-90, 1991-1999 e 2002	95
Quadro 6 - Índices morfométricos das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão	114
Quadro 7 - Crescimento populacional do município de São Luís, 1960-2010	136
Quadro 8 - População residente nos municípios da Ilha do Maranhão, 2000-2007	137
Quadro 9 - Classificação da densidade de drenagem por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	184
Quadro 10 - Amplitude altimétrica por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	188
Quadro 11 - Classificação da amplitude altimétrica por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	189
Quadro 12 - Matriz de dissecação da Ilha do Maranhão	192

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1 - Coluna estratigráfica da Bacia de São Luís	84
Tabela 2 - Classificação das bacias hidrográficas quanto à dimensão areal	116
Tabela 3 - Classificação das bacias hidrográficas quanto ao índice de circularidade	118
Tabela 4 - Classificação das bacias hidrográficas quanto ao fator de forma	118
Tabela 5 - Unidades de solos da área de estudo	122
Tabela 6 - Padrões das formas de relevo da Ilha do Maranhão e de Curupu	146
Tabela 7 - Classes hipsométricas da área de estudo	177
Tabela 8 - Classes de declividade da área de estudo	178
Tabela 9 - Densidade de drenagem por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	183
Tabela 10 - Frequência absoluta e relativa das classes de densidade de drenagem por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	185
Tabela 11 - Frequência absoluta e relativa das classes de amplitude altimétrica por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão	191
Tabela 12 - Frequência absoluta e relativa das classes de dissecação do relevo da Ilha do Maranhão	192

SUMÁRIO

	p.
1	INTRODUÇÃO 20
1.1	Objetivos 25
1.1.1	Objetivo geral 25
1.1.2	Objetivos específicos 25
2	PAISAGEM GEOGRÁFICA E CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA: bases teóricas e metodológicas 26
2.1	Paisagem Geográfica 26
2.2	Cartografia Geomorfológica 40
3	PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS 51
4	O QUADRO GEOAMBIENTAL DA ILHA DO MARANHÃO 78
4.1	Geologia 81
4.2	Clima 92
4.3	Agentes oceanográficos 97
4.4	Hidrografia 106
4.5	Solos 120
4.6	Ação humana 128
5	O RELEVO DA ILHA DO MARANHÃO 139
5.1	A Morfoestrutura e a Morfoescultura 139
6	AS UNIDADES MORFOLÓGICAS DA ILHA DO MARANHÃO 182
6.1	Padrões de Dissecação do Relevo 182
6.2	Caracterização dos Perfis Topográficos Transversais 194

6.2.1	Perfil topográfico transversal A-B: praia de São Marcos à Ponta do Guarapiranga	194
6.2.2	Perfil topográfico transversal C-D: foz do igarapé do Cajueiro à porção norte da ilha de Curupu	208
7	CONCLUSÕES	219
	REFERÊNCIAS	224
	APÊNDICES	243

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais o estudo das morfologias terrestres tem despertado interesse por parte dos pesquisadores, principalmente após meados do século 20, quando as pesquisas começam a indicar as consequências das alterações do relevo e demais sistemas naturais resultantes da ação humana no processo de produção do espaço geográfico.

As formas de relevo constituem o objeto de estudo da Geomorfologia. A existência deste objeto se deve por ser o relevo o assoalho sobre o qual se fixam as populações humanas e onde são desenvolvidas as suas atividades. Este assoalho, uma estreita faixa onde é possível viver biologicamente, é denominado por Grigoriev em 1968 de Estrato Geográfico da Terra (ROSS, 1997).

Além de ser este assoalho, o relevo é o produto do antagonismo das forças endógenas e exógenas. As primeiras agem na construção das morfologias terrestres. Elas se revelam de forma ativa, através dos abalos sísmicos, do vulcanismo, dos dobramentos, dos afundamentos e soerguimentos de plataformas, dos falhamentos e fraturas, e, de forma passiva, através da resistência dos materiais ao desgaste provocado pelos processos externos.

As forças exogenéticas, responsáveis pela esculturação das formas de relevo, apresentam atuação constante e diferencial, no tempo e no espaço. Tal fundamentação teórico-metodológica tem suas raízes na concepção de Penck (ABREU, 2003).

Os processos externos como a meteorização e os movimentos do regolito não agem separadamente, mas em conjunto (CHRISTOFOLETTI, 1980). Aliada a estes processos há a ação humana que tem se mostrado capaz de alterar as relações processuais naturais por meio da aceleração dos processos exógenos, tendendo quase sempre à instabilidade e à ocorrência de danos ambientais (ARAÚJO, ALMEIDA e GUERRA, 2005).

As geoformas geradas e/ou modificadas pelos processos internos e externos podem ser estudadas e mapeadas. O mapa geomorfológico é considerado como importante instrumento na pesquisa do espaço e constitui o que Tricart (1965) apresenta como a base da pesquisa, e não a concretização gráfica desta já realizada. Ele é, simultaneamente, o instrumento que direciona a pesquisa e sua síntese.

O mapa geomorfológico é indispensável na questão do inventário do relevo e, para elaborá-lo, é necessário conhecer os elementos de descrição do relevo, identificar a natureza geomorfológica de todos os elementos do terreno e datar as formas.

Para Tricart (1965), os elementos de descrição do relevo são informações que podem e devem ser obtidas em cartas topográficas, acrescidas de outras que estas não fornecem, tais como rupturas topográficas e rebordos de pequenos patamares. O mesmo autor em referência discute a concepção e os princípios da carta geomorfológica detalhada e afirma que a descrição razoável dos fatos geomorfológicos representa categorias de fenômenos muito diferenciados. Neste sentido, o nível de detalhamento depende da escala adotada.

Argento (1998) afirma que o grande potencial na aplicação de mapeamentos geomorfológicos está relacionado aos projetos de planejamento da ocupação humana voltados para a prevenção de problemas futuros e para a economia dos recursos investidos.

Segundo Nunes et al (2010), o mapa geomorfológico é uma importante ferramenta na pesquisa do relevo, contribuindo em estudos de diagnósticos e prognósticos para áreas urbanas e rurais.

Nas primeiras, auxilia na escolha de locais para construção de aterros sanitários, na delimitação de zonas residenciais e industriais, na demarcação precisa de áreas de proteção ambiental e áreas de risco a enchentes e outros.

Nos espaços rurais, contribui para escolha de áreas destinadas a assentamentos rurais, identificação e controle de processos erosivos lineares e areolares e em projetos de conservação e manejo de solo entre outros.

Neste sentido, Ross (1992, 1994, 1997) propôs uma metodologia de mapeamento geomorfológico a partir da análise taxonômica do relevo. Tal proposta foi inspirada nas concepções de morfoestrutura e morfoescultura de Mescerjakov (1968) e Gerasimov e Mescherikov (1968) e na proposta de Demek (1967).

Esta postura metodológica apresenta muitos pontos positivos, dentre eles, a possibilidade de modelagem do relevo a partir de dados regionais e locais e a aplicação desses conhecimentos ao planejamento ambiental.

Assim, na busca de soluções para minimizar os impactos ambientais negativos produzidos pela sociedade, as ciências têm buscado ajustar suas metodologias e/ou redirecionar suas ações, a fim de orientar formas de gestão das mais diversas paisagens ocorrentes na superfície terrestre (GUERRA e MARÇAL, 2006).

Para Leff (2001) esta busca passa pela necessidade de realização de análise integrada da realidade, exigindo uma visão sistêmica na reconstituição de uma realidade “total”, visto que os processos envolvidos são resultado da complexa relação sociedade-natureza.

Segundo Suguio (2001), muitos problemas gerados em função da ocupação inadequada das zonas costeiras poderiam ser minimizados ou inexistentes, se os fatores geomorfológicos e geológicos fossem mais bem conhecidos.

Tem-se ainda o amparo legal para a gestão e conservação da zona costeira do Brasil através da Lei Federal n. 7661, de 16.05.1988 (BRASIL, 1988), que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) e da resolução n. 005/1997, a qual definiu o II PNGC (BRASIL, 1997).

Guerra e Marçal (2006) afirmam que a Geomorfologia possui metodologias e ferramentas para a realização de estudos ambientais, no sentido de espacializar as interações existentes entre os diversos componentes do meio natural.

Assim sendo, defende-se que a análise do relevo da Ilha do Maranhão e o mapeamento das morfologias ocorrentes são necessários para a gestão e conservação desta zona costeira.

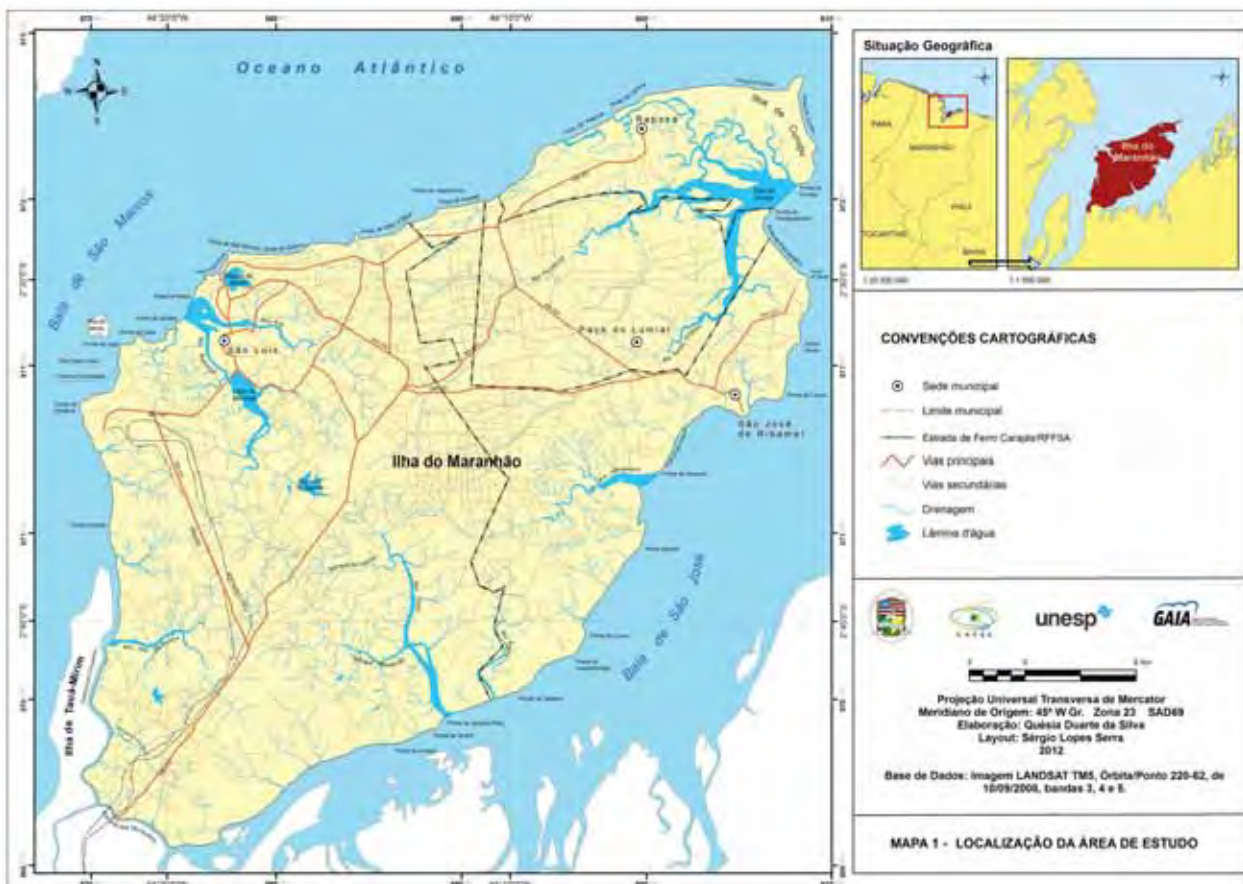
A Ilha do Maranhão, localizada na porção norte do Estado é limitada ao norte pelo oceano Atlântico, ao sul com a baía de São José e o estreito dos Mosquitos, a leste com a baía de São José e a oeste com a baía de São Marcos (Mapa 1).

Diversas paisagens morfológicas podem ser observadas na área de estudo, como planícies de maré, praias, dunas ativas e inativas, paleodunas, planícies fluviais e tabuleiros. Muitas dessas paisagens estão sendo modificadas pela ação humana, uma vez que a área de estudo tem sido cada vez mais ocupada pelos diferentes agentes produtores do espaço.

Nas zonas costeiras estas modificações são muito intensas, em função de serem áreas de interface entre o sistema continental e o marinho, com forte influência da ação antrópica que catalisa os mecanismos naturais favorecendo rápidas mudanças.

As áreas costeiras representam, na realidade, uma zona de intercâmbio de energia e de matéria, por processos naturais e antrópicos, entre o continente e os oceanos. Essa troca ocorre pela interação de vários fenômenos naturais, que são muito susceptíveis às mudanças. ... Tem-se assim, variações entre as taxas de deposição e de erosão, ... dando origem a costas em avanço (progradação) ou em recuo (retrogradação), respectivamente (SUGUIO, 2001, p. 335).

Segundo este autor, as áreas costeiras terrestres encontram-se pressionadas pelo rápido crescimento populacional e cerca de 2/3 da população mundial vive ao longo desta faixa. No Brasil, cinco das nove áreas metropolitanas mais populosas situam-se nessas áreas (SOUZA e SUGUIO, 1996 apud SUGUIO, 2001).



Na porção norte do Estado do Maranhão, especialmente na microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís, mais de 80% dos habitantes reside nas áreas urbanas e mais de 75% dos habitantes reside nas cidades com população superior a 10.000 pessoas (IBGE, 2010).

Com uma marca de 1.014.837 habitantes, o município de São Luís concentra sozinho 15,43% da população estadual (IBGE, 2010). Esta taxa pode ser explicada pela oferta de serviços concentrados principalmente na cidade de São Luís, que é influenciada, conseqüentemente, pela sua hinterlândia.

Tal concentração de pessoas e serviços gera, inevitavelmente problemas ambientais nos mais diversos sistemas naturais, dentre eles, as morfologias; e o impacto é ainda maior, considerando que uma parte significativa dessas geofomas está situada em ambientes costeiros frágeis, sob o ponto de vista socioambiental.

É nesta perspectiva, e levando-se em conta que a área de estudo está localizada na região costeira nordestina do Brasil, com intenso e rápido processo de urbanização, que é importante estudar as paisagens morfológicas litorâneas em função da singularidade ambiental das áreas, que o mapeamento geomorfológico é indispensável para viabilizar o inventário do relevo e que o estudo das morfologias terrestres é fundamental para o planejamento geoambiental, pode-se questionar:

É possível realizar uma análise das morfologias da Ilha do Maranhão a partir dos níveis taxonômicos do relevo, para tentar compreender as paisagens da área, com vistas ao planejamento ambiental?

HIPÓTESE

A análise do relevo da Ilha do Maranhão a partir dos níveis taxonômicos irá contribuir para a compreensão das paisagens ocorrentes na área, com vistas ao planejamento ambiental.

Considerando a questão norteadora, a hipótese levantada e o objetivo deste trabalho apresentado a seguir, afirma-se que este estudo está inserido na linha de pesquisa Dinâmica e Gestão Ambiental, da Pós-Graduação/Doutorado em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FACT) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente e trata de aspectos relacionados à análise do relevo da Ilha do Maranhão.

Os capítulos deste texto estão organizados de forma que, após a reflexão iniciada, segue o capítulo que objetiva apresentar o conceito de paisagem defendido e debatido por autores diversos, relacionar o conceito defendido com a Geomorfologia e resgatar aspectos relacionados com a cartografia geomorfológica, ressaltando sua importância para os estudos das geoformas e para o planejamento ambiental.

O capítulo subsequente trata dos procedimentos técnico-operacionais, apresentando o tipo de pesquisa aqui defendido, quanto aos objetivos e quanto à relação sujeito/pesquisador/sujeito. Trata ainda das etapas cumpridas para o alcance dos objetivos.

Posteriormente, tem-se o capítulo que se refere ao quadro geoambiental da Ilha do Maranhão, caracterizando aspectos relacionados à geologia, ao clima, aos agentes oceanográficos, à hidrografia, aos solos e à ação humana.

Os capítulos 5 e 6 apresentam a análise das geoformas da área, a partir dos níveis taxonômicos do relevo, utilizando a proposta metodológica de Ross (1992, 1994, 1996, 1997 e 2006). Nestes se incluem a apresentação de dados gerados através do mapeamento e dos trabalhos de campo realizados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o relevo da Ilha do Maranhão a partir dos níveis taxonômicos, para compreender as paisagens ocorrentes na área, com vistas ao planejamento ambiental.

1.1.2 Objetivos específicos

- Apresentar o quadro geoambiental da área objeto de estudo;
- Mapear os compartimentos do relevo;
- Caracterizar as geoformas e os processos morfogenéticos e morfodinâmicos responsáveis pela formação e esculturação das morfologias.

2 PAISAGEM GEOGRÁFICA E CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA: bases teóricas e metodológicas

A Ilha do Maranhão e entorno apresentam diversas paisagens morfológicas, que estão, por sua vez, relacionadas aos processos que geraram e continuam esculpando a área em questão.

Este capítulo trata do conceito de paisagem defendido por autores de escolas diversas, relaciona o conceito defendido neste trabalho com a Geomorfologia, e resgata aspectos vinculados à cartografia geomorfológica, ressaltando sua importância para os estudos das geoformas e para o planejamento ambiental.

2.1 Paisagem Geográfica

Paisagem é um tema caro e antigo ¹ para a Ciência Geográfica (DEFFONTAINE, 1973), esteve incorporado ao seu objeto de análise (TROLL, 1982; PEREIRA e SILVA, 2009) e se faz presente na ciência ², na arte e no cotidiano das pessoas.

O conceito de paisagem tem sido muito discutido, ao longo dos últimos anos, por vários autores, que em geral relacionam a origem do termo a período mais clássico de sua interpretação, evoluindo para análises mais modernas e chegando ao conceito mais recente de Paisagem Integrada (GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 102).

Na Antiguidade Clássica, o estudo da paisagem esteve presente por meio da descrição dos lugares. Segundo Polette (1999, p. 85) a paisagem era entendida na Idade Média “como o espaço percebido (fisionômico) e o espaço vivido (territorial)”.

Na Idade Moderna, período de grandes navegações e ampliação do conhecimento do mundo, a preocupação com os aspectos relacionados à paisagem era fundamental para enriquecer o relato sobre as terras descobertas (OLIVEIRA, 2000).

Para Schier (2003) o termo paisagem é discutido desde o século XIX “para se entenderem as relações sociais e naturais em um determinado espaço” (p. 80).

¹ Segundo Troll (1982) a palavra alemã Landschaft (paisagem) existe há mais de um milênio e tem uma evolução linguística muito significativa (p. 324).

² Somente a Geografia tem dado à ela um valor científico e tem desenvolvido toda uma teoria de investigação (TROLL, 1982).

Pereira e Silva (2009) afirmam que a discussão sobre a paisagem é divergente em função das múltiplas abordagens que surgem, e a compreensão do conceito depende das influências culturais e discursivas entre geógrafos.

Guerra e Marçal (2006) defendem que a divergência da discussão sobre a paisagem ocorre em virtude das perspectivas de análise, da abordagem e das orientações teórico-metodológicas das várias disciplinas e escolas que tratam este conceito. Logo e conforme vários autores, o conceito em questão pode variar da abordagem estético-descritiva até a científica.

Em função disto, existem diferentes concepções de paisagem, tais como das escolas alemã, russa, francesa, norte-americana, ibérica e do Brasil. A primeira é considerada uma das mais antigas que estudam a paisagem, predominando as análises descritivas e regionais (GUERRA E MARÇAL, 2006); nela destacam-se os trabalhos de Kant, Humboldt e Ritter, em busca de uma visão totalizadora da natureza.

Estes naturalistas apresentaram trabalhos pioneiros, uma vez que tentaram articular conhecimentos geológicos com aspectos relacionados à formação dos solos, características florísticas e climáticas e observações de processos eólicos, fluviais e glaciais (RODRIGUES, 2001).

Como resultado desta postura naturalista articulada, tem-se uma proposta de rompimento com as análises isoladas de elementos da natureza e, a partir do século XX o termo paisagem (*Landschaft*) passa a ser utilizado de forma corriqueira entre os geógrafos alemães para designar aspectos concretos da realidade geográfica.

Para Polette (1999) a palavra paisagem foi inserida no meio geográfico científico no início do século XIX por Humboldt, que a definiu como “Der Totalcharakter einer Erdgegend”, isto é, as características totais de uma região da Terra.

Bolós i Capdevila (1992a) afirma que o conceito de natureza defendido por Humboldt pode ser muito bem empregado no conceito de paisagem integrada, uma vez que ele considerava que a natureza, incluindo o homem, “... vive gracias a un cambio continuo de formas y movimientos internos...”, cíclicos, “... que conducen a una constante renovación de formas y de funcionamiento...” (p. 7).

Na mesma escola alemã, outros autores estudaram a análise integrada da paisagem, como Ferdinand Von Richthofen, Passarge, Alfred Hettner, Carl Troll, J. Schmithüsen, O. Schluter, E. Neef e J. Y. G. Haase, com destaque para os quatro primeiros em função da contribuição de cada um.

O discípulo de Humboldt, Von Richthofen, apresentou a visão da superfície terrestre como intersecção de diferentes esferas como litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera (PEREIRA e SILVA, 2009).

Passarge, que utilizou pela primeira vez o termo “fisiologia da paisagem” (CASSETI, 2005) e definiu o que seria “Ciência da Paisagem”, destaca as vinculações entre o relevo, os elementos climáticos e a vegetação.

Em seu livro *Geomorfologia*, de 1931, Passarge registra que as formas de relevo mantêm estreita relação com os elementos climáticos e com a vegetação, sendo que os primeiros tendem a destruir as formas, enquanto que a vegetação contribui para a conservação (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992b).

Além de apresentar novos conceitos, Passarge trabalhou as formas de relevo de uma forma mais global, “... integrando-as em uma visão geográfica da paisagem, a partir de um novo método de trabalho baseado na cartografia geomorfológica” (GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 105). Este assunto será tratado posteriormente em função de sua significativa importância neste trabalho.

Hettner estudou a globalidade total da paisagem com a inclusão do homem no sistema, “interconectando os fenômenos naturais e os humanos” (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992b, p. 14).

Para A. Hettner, a paisagem é um complexo territorial único em seu gênero (região natural), contínuo, mas heterogêneo em seu interior (FROLOVA, 2001).

Carl Troll incorporou ao conceito de paisagem as idéias da ecologia, definiu o conceito de ecótopo³ e deu abertura para uma análise relativamente humanizada da geografia física (PEREIRA e SILVA, 2009).

Segundo Casseti (2005), Troll sintetiza a paisagem como uma combinação dinâmica dos elementos físicos e humanos, conferindo ao território uma fisionomia própria, com habitual repetição de determinados traços.

O termo paisagem geográfica

... se incluye un sector de La superficie terrestre definido por una configuración espacial determinada, resultante de su aspecto exterior, Del conjunto de sus elementos y de sus relaciones externas e internas, que queda enmarcado por los límites naturales de otros paisajes de distinto carácter ...(TROLL, 1982, p. 326).

³ Ecótopo é a extensão do conceito de biótico, ou seja, a totalidade dos elementos geográficos, especialmente os abióticos (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992a), sendo, para Troll (1982), a divisão mínima da paisagem. Para este autor, os ecótopos são importantes não apenas no trabalho científico da Geografia, mas também na representação espacial dos diferentes elementos das paisagens, pois é o nível máximo de integração dos geofatores (GUERRA e MARÇAL, 2006).

Troll (1982) afirma que se podem distinguir os enfoques fisionômico formal e funcional da paisagem. O primeiro se refere aos aspectos físico-geográficos, enquanto que o segundo conceito, funcional, engloba, além dos aspectos anteriormente citados, todos os outros fatores envolvidos e em interação, a saber, economia e culturas humanas.

Ele afirma que, dependendo da intervenção humana, se distingue paisagens naturais de culturais; que todas as paisagens refletem as transformações temporais e conservam os testemunhos dos tempos pretéritos. Pode-se assim afirmar que esta é uma postura inovadora na escola alemã.

Além do aspecto temporal, Troll "... foi um dos primeiros autores a caracterizar a paisagem do ponto de vista da sua dimensionalidade..." (GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 116).

De acordo com o texto supracitado e Rougerie e Beroutchachvili (1991), a escola alemã já apresentava trabalhos com influência da teoria sistêmica, dentre estes, provavelmente aqueles desenvolvidos por Carl Troll.

Neste sentido, Guerra e Marçal (2006) afirmam que o conceito de paisagem se direciona para a abordagem sistêmica, em que todos os elementos fazem parte da natureza. Assim, do aspecto fisionômico, trabalha-se agora a partir das trocas de matéria e energia.

Destaca-se finalmente que Troll propõe, em 1950, uma ciência transdisciplinar denominada Ecologia da Paisagem, que sendo uma união entre a Ecologia e a Geografia por abordarem o estudo da paisagem, tem um enfoque funcional, enfatiza a interação entre modelos espaciais e processos ecológicos e integra a biosfera e a geoesfera com os artefatos tecnológicos (TROLL, 1982; GUERRA e MARÇAL, 2006).

Autores alemães como Haase, Neef e Barsch, na década de 1960; Richter e Schmihusen, na década de 1970; Leser Haber e Rodrigues e Silva, nos anos posteriores deram andamento às idéias da Ecologia da Paisagem de Troll, sendo influenciados também por Humboldt (escola alemã), por Lomonosov e Dokuchaev (escola russo-soviética).

Esses autores fundamentaram teórica e metodologicamente a Geoecologia da Paisagem, que faz parte da Geoecologia, Ecogeografia ou Geografia Ambiental, é caracterizada pelo estudo da interação e das relações objeto-sujeito, "... e que concentra sua atenção nas paisagens como geocossistemas" (RODRIGUES, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 22).

Segundo Rodrigues, Silva e Cavalcanti (op. cit), pode ocorrer a formação de paisagens naturais, antroponaturais e antrópicas, conhecidas como paisagens atuais ou

contemporâneas, as quais são também formadas por complexos ou paisagens de nível taxonômico inferior.

Apesar de tal possibilidade, a paisagem é considerada, para estes autores, como formação antroponatural, sendo um sistema territorial constituído de elementos naturais e antropotecnogênicos socialmente condicionados.

Nesta perspectiva, a Geoecologia da Paisagem requer

- Estudo da organização paisagística, classificação e taxonomia das estruturas paisagísticas, conhecimento dos fatores que formam e transformam as paisagens, que inclui a utilização dos enfoques estrutural, funcional e histórico-genético.
- Avaliação do potencial das paisagens e tipologia funcional, que inclui o cálculo do papel dos fatores antropogênicos através dos tipos de utilização da Natureza, dos impactos geocológicos das atividades humanas, das funções e cargas econômicas.
- Análise de planificação e proteção das paisagens, que inclui a tecnologia de utilização das paisagens e a análise de alternativas tendo por base a prognose.
- Organização estrutural-funcional direcionada à otimização das paisagens.
- Perícia ecológico-geográfica e o monitoramento geossistêmico regional (RODRIGUES, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 40).

Na Rússia, se estabelecem as bases da Ciência da Paisagem no final do século XIX em virtude de vários fatores como

... a necessidade de inventar meios eficazes para estudar vastas extensões pouco habitadas; as tradições das grandes expedições; a participação ativa dos militares e engenheiros nas investigações geográficas; a inspiração dos naturalistas russos no século XIX pelas idéias da Natur Philosophie; sem esquecer as perturbações políticas e a influência da ideologia marxista no século XX... (FROLOVA, 2007, p. 159).

Para esta autora, os pesquisadores russos refletiam sobre a paisagem como objeto específico do estudo geográfico, que tinha como função “englobar uma relação universal existente entre os diversos elementos do meio e a sua subordinação no espaço...”. Nesta perspectiva “... se fundamentam as bases da nova ciência geográfica que será chamada, no século XX, de o *Landschaftovedenie* ou ciência da paisagem” (p. 160)⁴.

A paisagem é tida nesta escola como um grupo de objetos e de fenômenos que se repetem com regularidade na superfície da Terra e está vinculada aos fatos visíveis observáveis e à compreensão dos fenômenos inacessíveis à intuição humana.

Esta concepção se aproxima, para Frolova (2007), das características do modelo científico abstrato, “... que se afasta progressivamente da representação sensível da paisagem” (p. 160).

⁴ A escola soviética foi influenciada pela escola germânica e alguns autores, dentre eles Berg, introduziu os conceitos apresentados pelo alemão Passarge.

Assim, novos componentes da paisagem são analisados, como o solo. Este foi estudado por V. V. Dokuchaev⁵, considerado simultaneamente um corpo natural e histórico (FROLOVA, 2001) e, o resultado da interação dos elementos da paisagem, ou seja, do complicado sistema de interações do complexo natural que incluía a rocha mãe, o relevo, as águas, o calor e os organismos (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992c)⁶.

Diferentemente do alemão Hettner, Dokuchaev defendia que a paisagem pode ser estudada como um tipo de complexo territorial, homogêneo em seu interior, mas descontínuo (FROLOVA, 2001). Esta nova abordagem, para Frolova (2007), “... orientou a geografia russa para a análise sintética da paisagem...” (p. 162).

Outros autores russos como A. N. Krasnov, G. N. Vyssotski, A. A. Borzov estudam a noção de paisagem e, posteriormente, os trabalhos publicados por A. A. Grigoriev, L. S. Berg, N. A. Solncev e A. G. Isachenko prepararam as bases do conceito de Geossistema (GUERRA e MARÇAL, 2006).

Para Berg, além de ser o objeto da Geografia, a paisagem é uma região em que as particularidades do relevo, clima, águas, solo, vegetação e ação humana “... são organizadas num conjunto geográfico harmonioso, de acordo com um modo que pode repetir-se dentro de uma mesma zona geográfica...” (FROLOVA, 2007, p. 163).

Assim, a paisagem é considerada, para Berg, como uma unidade homogênea, engloba os elementos do ecossistema e a atividade humana e revela as similitudes e diferenças de uma paisagem para outra.

Os geógrafos russos apresentaram divergência quanto ao papel do homem na formação da paisagem, surgindo os enfoques totalizador e dualista. No primeiro caso, o homem é considerado integrante da paisagem, é o enfoque defendido por Dokuchaev. Na visão dualista, o homem representa uma força exterior à paisagem (FROLOVA, 2001).

Também houve discordância quanto à continuidade ou descontinuidade da paisagem. Para B. B. Polynov, a continuidade da paisagem se dá não apenas pelos elementos observados visualmente, mas porque estes são unidos por processos (FROLOVA, 2001).

A descontinuidade da paisagem, defendida por Berg, pode ocorrer em virtude de esta se repetir “... de maneira típica dentro de uma mesma zona geográfica...” (FROLOVA, 2007, p. 163).

⁵ Dokoutchaev e Anoutchine criaram escolas geográficas russas diferentes e proporam métodos mais concretos de investigação, além de definirem a paisagem como objeto integrador da geografia (FROLOVA, 2007, p. 161).

⁶ “Dokoutchaev, em 1912, expressou uma outra maneira de abordar os fatos ligados com a natureza, definindo o ‘Complexo Natural Territorial’ (CNT), que incluía processos físicos, químicos e bióticos, colocando a vegetação como diferenciadora nas tipologias das unidades de paisagem e o solo como produto da interação de relevo, clima e vegetação” (GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 105).

Há outros autores como D. L. Armand, S. V. Kalesnik, V. S. Preobrazhenskii, A. M. Riabchikov, V. B. Sotchava e L. P. Gerasimov, que estudaram a paisagem e o complexo físico ou complexo natural e concluíram que os elementos naturais estão irregularmente distribuídos na superfície da Terra e relacionados entre si (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992b).

Esta diversidade de enfoques vai progressivamente desaparecer, em virtude da transição da sociedade russa do capitalismo para o socialismo pela Revolução de Outubro, ocorrida a partir de 1917. Ocorrem importantes mudanças nas ciências, modificando a sociedade e as suas relações com o meio. Estas mudanças acentuaram

... as tendências já existentes no desenvolvimento da geografia da paisagem na Rússia, da qual a mais importante era o aspecto utilitário das investigações geográficas, e a sua relação direta com a prática... a finalidade de qualquer estudo geográfico nessa época é a mudança racional do meio geográfico em conforme com os objetivos da construção socialista (FROLOVA, 2007, p. 166).

Nesta perspectiva, consolida-se a abordagem quantitativa na geografia russa em que Grigoriev afirma ser impossível estudar a paisagem, sem considerar o seu conteúdo material, o qual pode ser expresso matematicamente, como também os processos geográficos ocorridos no espaço e no tempo (FROLOVA, 2001, p. 166).

Entretanto, esta autora afirma que a “noção de paisagem não pôde dar uma chave explicativa, sintetizando a grande quantidade de dados experimentais”, surgindo então uma nova concepção – teoria geossistêmica, que visa a resolver este problema metodológico (p. 167).

Em 1926, L. G. Ramienski propõe uma divisão da paisagem em partes e, por conseguinte, ela não é mais considerada como um complexo territorial homogêneo, mas como uma unidade na qual estão inseridos sistemas de ordem inferior vinculados por fluxos de matéria e de energia.

Para Guerra e Marçal,

...a visão sistêmica dos fenômenos desencadeou o processo de reflexão mais abrangente sobre o conceito de paisagem, levando à compreensão dos sistemas naturais, a partir da sua estrutura e funcionamento (GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 109).

Sotchava, sendo um dos autores que mais contribuiu no desenvolvimento da Ciência da Paisagem na escola soviética, definiu em 1963, o conceito de geossistema como um modelo global, territorial e dinâmico, sendo aplicado a qualquer paisagem concreta que inclua todos os elementos da paisagem, interconectados por trocas de matéria e energia (GUERRA e MARÇAL, 2006).

O aparecimento do conceito de geossistema foi importante para integrar a dimensão espacial (geográfica) com a funcional (ecológica), dando origem à escola siberiana da paisagem e a escola europeia oriental.

Isto significa que a paisagem foi considerada como sinónimo de geossistema, “... formada por cinco atributos sistêmicos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação” (RODRIGUEZ e SILVA, 2002, p. 96).

V. Sothava (1978) também propôs uma classificação para os geossistemas considerando a escala, a saber, o geossistema global ou terrestre, o geossistema regional de grande extensão e o geossistema topológico em nível reduzido. Para ele, “... o parcelamento do meio natural...” é fundamental e “... indispensável à solução de muitos problemas geográficos, tais como a elaboração de cartas de paisagens (‘landschaft’)” (p. 2).

Cada categoria de um geossistema está situada num ponto do espaço terrestre e, além do geossistema, existem diferentes unidades sistêmicas da estrutura da paisagem, sendo o fácies ou geômero elementar, o menor componente, apresentando “... atributos corológicos, morfológicos e funcionais próprios, com ocorrência de trocas de energia e matéria” (GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 109). Neste sentido, a dinâmica espacial e temporal das unidades passa a ser estudada pela Ciência da Paisagem (FROLOVA, 2007).

A respeito da ação humana nos sistemas geofísicos, Bolós i Capdevila (1992b) defende que a escola soviética, neste período histórico, não considerava o ser humano como parte integrante do geossistema, mas como um elemento, um agente que o modifica e o altera, pois o conceito de *natural*, “... excluía la influencia antrópica” (p. 20).

Assim,

...cualquier intervención en el funcionamiento de los complejos naturales puede provocar una serie de cambios secuenciales. Estas sucesiones pueden ser destructivas o de restablecimiento, reversibles o irreversibles, largas en el tiempo o cortas, todo lo cual depende de la dirección y la velocidad de la dinámica antrópica que afecta al complejo natural y, por consiguiente, a su estabilidad posterior (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992b, p. 22).

Frolova (2007) defende que este é um “... problema de escolha entre globalismo e dualismo no estudo da paisagem”. Dokoutchaev considerava o homem e o ambiente como um conjunto único expresso materialmente pela paisagem - globalismo (p. 168).

Berg apresentou a expressão *paisagem cultural* nos anos de 1930 indicando uma situação paradoxal, em que a noção de paisagem perde a dimensão cultural - dualismo. Neste sentido, estudam-se primeiro “... as paisagens naturais transformadas...” e depois, “... raramente as paisagens criadas pelo homem...” indicando que, para estes pesquisadores, as

paisagens culturais, consideradas como natureza racionalmente transformada pela ação humana, desenvolvem-se de acordo com as leis da natureza (FROLOVA, 2007, p. 168).

Apesar de forte tendência sistêmica na escola soviética, Rodriguez e Silva (2002) afirmam que, a partir da Revolução de Outubro, a “... concepção sobre a paisagem como uma totalidade dialética de base natural, foi desenvolvida...” (p. 96).

Na década de 1960, esta escola apresenta um avanço na cartografia geomorfológica a partir dos trabalhos de W. Penck (escola alemã), Gerasimov e Mescherikov, com a aplicação dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. Obtém-se também um avanço no tratamento metodológico do relevo com as contribuições de N. V. Basenina, A. A. Trecov e J. Demek (ROSS, 1992; ABREU, 2003; GUERRA e MARÇAL, 2006)⁷.

Outros avanços ocorreram nesta escola na década de 1970, como a proposta de A. D. Armand, de medir os fluxos a partir de uma unidade de medida comum, a informação; a análise profunda do geossistema com o objetivo de definir as suas propriedades e funcionamento; a modelização matemática da dinâmica do geossistema e o emprego dos primeiros trabalhos aplicados ao planejamento territorial; e o uso de imagens de satélite para a previsão de eventos (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992B).

No final da década de 1990, enquanto alguns pesquisadores russos defendiam o aspecto cultural da paisagem, outros acreditavam em uma “... paisagem única...”, englobando a realidade natural e cultural (FROLOVA, 2007, p. 169).

Na escola francesa, a “Paysage” é tida como resultado do relacionamento do homem com o seu espaço físico, assim, a paisagem ganha aspecto de espaço humano.

Diversos autores trabalharam este tema nesta escola, destacando Vidal de La Blache (1954), Rougerie e Beroutchachvili (1991), Bertrand (1972), Deffontaine (1973) e Bertrand e Bertrand (2007).

Em seu livro *Principes de géographie humaine*, Vidal de La Blache destacou a individualidade regional da França e descreveu minuciosamente a paisagem com base nas características visíveis culturais das sociedades, relacionadas à geologia, geomorfologia, clima e vegetação. Assim, “... associava o termo paisagem às características próprias de cada região...” (MARQUES NETO, 2008, p. 245).

Para Bertrand (1972), a paisagem é uma certa porção do espaço, resultante da combinação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo

⁷ Este assunto será aprofundado posteriormente devido à sua importância com a presente tese.

dialeticamente uns sobre os outros, fazem dela um conjunto único, indissociável e em constante evolução.

Ele estabeleceu uma classificação taxonômica das unidades fundamentais da paisagem, a saber, geótopo, geofácies, geossistema, região natural, domínio e zona, indo do menor ao maior tamanho e se aproximando muito da proposta de Sotchava (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992b).

Considerando a abordagem geossistêmica bertraniana, Dias e Santos (2007) defendem que “... a paisagem seria a exteriorização morfológica do momentum dos processos interativos que compõem o meio ambiente, independentemente dos limites entre as diversas feições e sua natureza” (p. 12).

Esta concepção bertraniana da paisagem corresponde ao conceito de sistema, sendo, para Bolós i Capdevila (1992b), a linha de pensamento de A. Cholley (da escola americana) que se apoia também na teoria da bioresistasia de Erhart.

Deffontaine (1973, p. 6) sustenta que “a paisagem é uma porção do espaço perceptível a um observador onde se inscreve uma combinação de fatos visíveis e de ações das quais, num dado momento, só percebemos o resultado global”, assim, não é possível dissociá-lo do fator tempo.

Nesta perspectiva e conforme Deffontaine (op. cit.), a paisagem é um conceito diagonal sob o enfoque sistêmico, com destaque para a interação dos fenômenos e para a dimensão lógica e concreta, favorecendo a espacialização de diferentes paisagens e dos fenômenos que ocorrem no interior delas. O observador extrai da paisagem a informação que lhe interesse e, num estudo geomorfológico, o pesquisador detectará as formas de relevo.

Neste sentido, Rougerie e Beroutchachivili (1991) defendem que a paisagem é uma fração isolada das subdivisões do espaço.

Bertrand e Bertrand (2007) avançaram nas pesquisas sobre a paisagem e afirmam que ela é global e múltipla e por isto, “... cada paisagem corresponde um sistema de representação que considera a natureza dos locais, os projetos dos atores e o desenrolar dos tempos cíclico e linear” (p. 269).

Para estes autores, o enfoque paisagístico favorece a superação da dicotomia entre geografia naturalista e social e “... ultrapassa o rompimento entre natureza e cultura...” combina o individual e o coletivo, o ecológico e o geográfico, a monografia e o sistema (p. 270).

A escola anglo-saxônica contribuiu muito, segundo Bolós i Capdevila (1992b), para o desenvolvimento da Ciência da Paisagem, com a elaboração da teoria do holismo por

Ch. Smuts, em 1926, do termo ecossistema por A. G. Tansley, em 1935, com a contribuição de Sauer (1998) e com a abordagem pragmática da escola australiana.

J. Ch. Smuts é o criador de uma doutrina que trata das características dos conjuntos ou unidades que se formam na superfície terrestre denominada de holismo.

Segundo esta teoria, o universo e as suas partes constituintes tendem a originar unidades que forma um todo (holos é uma palavra grega que significa totalidade) de complexidade crescente.

Nessas unidades participam a matéria inerte, a matéria viva e a matéria pensante (o homem). Essas unidades globais não se reduzem à soma dos seus elementos, pois eles estão interconectados (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992a).

Segundo Odum (1983), ecossistema é “qualquer unidade (biossistema) que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não-vivas” (p. 9).

Carl Sauer (1998) aponta que paisagem é a marca da existência humana numa área, ou seja, o meio natural é alterado pela cultura gerando a paisagem cultural. Nesta perspectiva, ele aborda a paisagem de forma binária, isto é, natural e cultural; destaca a importância da herança nas paisagens e considera que região e área são termos equivalentes à paisagem e que este seria o conceito de unidade da geografia.

Rougerie e Beroutchachivili (1991) defendem que na Austrália, o CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) teve o mérito de estudar a paisagem, não apenas no domínio do discurso, mas com um caráter aplicativo, a partir da Segunda Guerra Mundial.

Para Forman (1995), esta comunidade científica da Austrália percebe a paisagem como um mosaico, isto é, os sistemas da terra se repetem, formando um conjunto integrado.

Na escola ibérica, diversos pesquisadores como F. Rodríguez Martínez e F. Ortega Alba na Universidade de Granada, E. Pérez Chacón nas ilhas Canárias, A. Ramos, Gómez Orea, F. G. Bernáldez em Madrid, Maria de Bolós i Capdevila, Manuel de Terán, E. Martínez de Pisón, Montserrat Jardí, na Universidade de Barcelona, com destaque para os trabalhos de Maria de Bolós i Capdevila, seguem escolas epistemológicas diversas.

Ao considerar que os elementos da superfície terrestre encontram-se integrados de tal modo que se apresentam como conjuntos que se adaptam ao modelo de “sistema geral”, e que a paisagem deve ser percebida como uma realidade integrada de elementos bióticos,

abióticos e antrópicos, Bolós i Capdevila (1981 e 1992c) apresenta o conceito de “paisagem integrada” como uma unidade espacial, sendo “... o resultado da interação do geossistema (elementos, estrutura e dinâmica) com sua localização espacial e temporal” (GUERRA e MARÇAL, 2006).

Nesta perspectiva, ela define paisagem como a

"Porción del espacio geográfico que constituye, a una escala determinada, un conjunto o sistema formado por elementos interconexiónados tanto abióticos como bióticos (incluyendo al hombre) que se encuentran en constante transformación y que se organizan como un sistema (geosistema) que puede ser delimitado sobre la superficie terrestre de forma mas o menos precisa" (JARDÍ, 1990, p. 53).

Bolós i Capdevila (1992b) trabalha com a classificação das paisagens quanto ao funcionamento, especialmente na recuperação de paisagens destruídas e áreas degradadas e na gestão de paisagens agrárias. Tem utilizado diversas técnicas para isto, como documentais, arqueológicas, análise polínica e outras.

Ela percebe a paisagem como uma realidade concreta, um território limitado no espaço e no tempo conforme o modelo geossistêmico, sendo fundamental o conhecimento sobre a história passada.

Além destas escolas epistemológicas que estudam a paisagem, outros pesquisadores têm desenvolvido trabalhos significativos na Polônia, Romênia, Canadá, Itália e Brasil.

No Brasil, diversos autores têm publicado trabalhos sobre paisagem. Dentre eles e em função da abordagem sistêmica adotada, destacam-se, Polette (1999), Monteiro (2002), Ab'Saber (2003), Christofletti (2004), Maximiano (2004), Guerra e Marçal (2006), Troppmair e Galina (2006), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007) e Dias e Santos (2007).

Segundo Polette (1999) a paisagem pode ser definida

como um sistema territorial composto por componentes e complexos de diferentes amplitudes formados a partir da influência dos processos naturais e da atividade modificadora da sociedade humana, que se encontra em permanente interação e que se desenvolvem historicamente (p.83).

Polette (op. cit.) afirma que a paisagem é também uma unidade cultural e econômica, possuindo estrutura e função definida. Em virtude da ação antrópica, ela é o resultado da cultura. Afirma ainda que a tecnologia “... tende a ser uma das formas de catálise do processo de conhecimento da paisagem...” (p. 93), pois favorece uma visão mais ampla dos fenômenos e permite medir o comportamento real das paisagens.

Monteiro (2002) defende que paisagem é uma entidade espacial delimitada segundo o nível de resolução do pesquisador, a partir dos objetivos centrais da análise, de

qualquer modo, sempre resultado da integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos de suporte e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos) expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas, através das relações entre elas que organizam um todo complexo (sistema) verdadeiro conjunto solidário em perpétua evolução.

Os sistemas, por sua vez e conforme Christofletti (2004), são dinâmicos, complexos e não lineares, em função, dentre outras, da dificuldade de se encontrarem soluções exatas para todos os fenômenos simples e regulares, para a previsibilidade de que se conceba o mundo como um todo integrado e de a resposta de um determinado distúrbio não ser necessariamente proporcional à intensidade do distúrbio.

Para Vitte (2006), Ab'Saber foi quem mais contribuiu com os estudos sobre as paisagens naturais. Este autor (1969) percebe a paisagem como o resultado da combinação de processos pretéritos e atuais e defendeu, em 2003, que ela sempre é uma herança que deve ser melhor conhecida, para ser usada de forma racional.

Assim,

...ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades (AB'SABER, 2003, p. 9).

Maximiano (2004) sustenta que paisagem é uma medida multidimensional de compreensão de um lugar e que a escola francesa, especialmente os trabalhos de Tricart, influenciaram a "... construção do conceito de paisagem na geografia brasileira..." (p. 88). Destaca que atualmente a corrente anglo-saxônica de paisagem influencia os trabalhos no Brasil em função da metodologia do zoneamento ecológico-econômico e das técnicas de geoprocessamento.

Quanto à classificação das paisagens, este autor afirma que foram feitas propostas variadas. Algumas dão ênfase à vegetação, outras, ao relevo, como a proposta de Ross (1992 e 1997)⁸, ao clima, à cultura e a outros.

Guerra e Marçal (2006) apontam que

"a complexidade dos sistemas dinâmicos que compõem a natureza ou, melhor, a paisagem, com toda a sua dinâmica e evolução e transformação imposta pela sociedade ao longo dos anos, constitui-se em um grande desafio" (p. 100).

Pode-se afirmar que para estes últimos autores, toda e qualquer paisagem é um sistema dinâmico, complexo e não linear.

⁸ Este assunto será abordado com mais profundidade nos capítulos posteriores.

Troppmair e Galina (2006) defendem que a paisagem é composta da estrutura, das inter-relações e da dinâmica que ocorrem em uma determinada área; é um fato concreto, uma unidade real e integrada e “é a fisionomia do próprio Geossistema” (p. 82). Este, por sua vez, considerado como uma unidade complexa, um espaço amplo, se caracteriza por certa homogeneidade de seus componentes, estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007) definem a paisagem como “... um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antropogênicas...”. Nesta perspectiva eles a consideram como um sistema que contém “... e reproduz recursos; como um meio de vida e da atividade humana; como um laboratório natural e fonte de percepções estéticas” (p. 18).

A partir dos autores trabalhados neste texto, salienta-se que a paisagem é considerada, aqui, não apenas como o somatório dos elementos físicos e biológicos que formam a natureza e as intervenções da sociedade no tempo e no espaço em constante transformação (BOLÓS i CAPDEVILA, 1981), mas como a representação do todo ambiental (GUERRA e MARÇAL, 2006), dinâmico e complexo, ou seja, no enfoque totalizador.

Sabendo que a compreensão do relevo requer o entendimento do “... funcionamento e da inter-relação entre os demais componentes naturais (águas, solos, subsolo, clima e cobertura vegetal)...” (ROSS, 1992, p. 18) e dos antrópicos da paisagem, “... para analisar os diferentes tipos de processos e avaliar sua intensidade...” (FLORENZANO, 2008a, p. 120), optou-se aqui por adotar a abordagem sistêmica.

Considerando que a representação cartográfica das paisagens requer um estudo geográfico completo e detalhado; que a cartografia é a base de qualquer estudo de paisagem (BOLÓS i CAPDEVILA, 1992b); que o geógrafo é um pesquisador acostumado a olhar para uma paisagem; que os estudos e resultados de pesquisas sobre paisagem são ferramentas para o planejamento (MEZZOMO e NÓBREGA, 2008); que a geografia física global não se destina a substituir os estudos especializados tradicionais, pois ela se constitui como uma pesquisa paralela, uma vez que confronta e completa os dados dos estudos setoriais (BERTRAND e BERTRAND, 2007); que a variável relevo é um importante elemento na compreensão das paisagens (CASSETI, 2005; FLORENZANO, 2008a; FRANÇA, PIMENTEL e PROST, 2010), uma vez que as morfologias revelam o antagonismo entre as forças internas e externas da Terra, interconectando os fenômenos naturais e humanos, defende-se que a análise do relevo da Ilha do Maranhão irá contribuir para a compreensão das paisagens ocorrentes na área, com vistas ao planejamento ambiental.

2.2 Cartografia Geomorfológica

O mapa geomorfológico é considerado atualmente como importante instrumento na pesquisa da paisagem. Ele é a base da pesquisa, e não apenas a sua concretização gráfica, ou seja, é simultaneamente o instrumento que direciona a pesquisa e a sua síntese.

Considerando as características geomorfológicas e a dimensão espacial da área de estudo - Ilha do Maranhão, optou-se por trabalhar os dados geomorfológicos na escala de 1:60.000, considerada como uma escala detalhada ou média.

Assim sendo e com base na literatura acadêmica acessada, muitos autores se debruçaram sobre o tema mapeamento geomorfológico nessa escala de detalhe. Dentre esses, destaca-se Passarge (1914), apud por Klimaszewski (1982), Tricart e Cailleux (1956), Tricart (1965), Demek (1967), Verstappen e Van Zuidam (1975), Klimaszewski (1982), Salomé e Van Dorsser (1982), Verstappen (1983) apud Florenzano (2008a), Hayden (1986), Meijerink (1988) apud Florenzano (2008a), Gustavsson (2006).

Para Klimaszewski (1982), mapas topográficos diversos têm sido elaborados desde os tempos mais remotos, sendo utilizada a técnica da caricatura no século 18 e a técnica de curvas de nível no século 19. Para o autor, apesar de ser possível discernir aspectos morfográficos e morfométricos nesses mapas, os mesmos não informam a origem, a idade, a relação com a estrutura geológica e distribuição de formas denudacionais, fluviais, cársticas, eólicas e outras.

As pesquisas sobre o mapeamento das morfologias terrestres continuaram a ocorrer e apenas em 1912, H. Gehne produziu um mapa geomorfológico descrevendo a morfografia, a estrutura do substrato e a morfogênese (GUSTAVSSON, 2006).

De acordo com Klimaszewski (1982), o primeiro conceito de um mapa geomorfológico de detalhe foi desenvolvido por Passarge em 1914, sob a forma de uma Atlas Morfológico contendo 8 mapas na escala de 1:50.000, a saber: mapa orográfico-topográfico com a cobertura vegetal, mapa de gradiente de vertentes, mapa de formas de vales, mapa geológico-estratigráfico, mapa de resistência física, mapa de resistência química, mapa petrográfico e mapa de desenvolvimento do relevo.

A partir de então, muitos autores, dentre eles, Smolenski em 1919, Weber em 1924, Mayer em 1926, Markow em 1929, Swariczewska em 1937, Zaborski e Klimaszewski, na década de 1939, elaboraram e/ou propuseram mapas geomorfológicos de detalhe. No entanto, a preparação deste tipo de mapa de forma sistemática e para atender uma

necessidade, somente foi desenvolvida a partir da Segunda Guerra Mundial (KLIMASZEWSKI, 1982).

Segundo Florenzano (2008a, p. 105), o “... mapa geomorfológico, como conhecido atualmente, teve início na Polônia, onde ele tem sido utilizado, desde a década de 1950, como suporte ao planejamento econômico”. Nesta perspectiva, o mapa geomorfológico tem significativo valor, não apenas científico, mas também prático, especialmente o mapa de detalhe.

Em 1956, no Rio de Janeiro, Annaheim e Klimaszewski apresentaram durante o 18º Congresso da International Geographical Union (IGU), dois conceitos de como preparar um mapa geomorfológico de detalhe e, neste evento, o mapeamento geomorfológico foi considerado uma das tarefas mais importantes da comissão em geomorfologia aplicada, sendo assim criada a subcomissão para mapeamento geomorfológico (GUSTAVSSON, 2006).

Esta subcomissão foi transformada no Congresso da IGU em 1968, em Délhi, na comissão de mapeamento geomorfológico e teve como principal tarefa, a elaboração do Manual de Mapeamento Geomorfológico de Detalhe e da Legenda para o Mapa Geomorfológico Internacional da Europa⁹ (KLIMASZEWSKI, 1982).

Posteriormente muitos trabalhos e artigos foram produzidos sobre este tema e apresentados em diversos eventos. A partir das discussões, vários pontos importantes foram destacados, dentre eles, conceitos e princípios de construção de mapas geomorfológicos de detalhe, visando assegurar a comparabilidade entre eles, a definição da escala de detalhe (entre 1:10.000 e 1:100.000), uma legenda uniforme ou o princípio de sua elaboração, a utilidade de mapas geomorfológicos de detalhe para fins práticos, a importância do trabalho de campo e uso de fotointerpretação em fotografias aéreas e a existência dos dois modelos na construção do mapa, ou seja, o modelo das formas e o modelo dos elementos¹⁰.

Apesar das discussões, uma questão pendente não foi diluída como a falta de um procedimento metodológico unificado internacional de mapeamento geomorfológico. Isto ocorreu em virtude da “... complexidade e variedade dos objetos estudados pela

⁹ Segundo klimaszewski (1982), o manual consiste em artigos escritos por geomorfológicos de forma desigual e o outro trabalho, a legenda, não trata de mapeamento geomorfológico.

¹⁰ No modelo das formas, uma forma é representada por apenas um símbolo; é o sistema de mapeamento geomorfológico utilizado pelos russos, poloneses e ex-tchecoslovacos. No modelo dos elementos, cada forma é representada por vários símbolos, gerando uma carta poluída visualmente e de difícil leitura; é o modelo seguido pelos britânicos e franceses (FLORENZANO, 2008a).

Geomorfologia e à consequente dificuldade para classificá-los” (FLORENZANO, 2008a, p. 105)¹¹.

Para tentar resolver esta questão, classificações geomorfológicas foram propostas nas décadas de 1950 e 1960. Tricart e Cailleux fizeram uma proposta baseada em critérios tempo-espacial em 1956. Em 1965, Tricart sugeriu uma classificação tempo-espacial e escalar, em detrimento das informações genéticas.

Em 1968, Mescerjakov propôs uma classificação baseada em unidades morfoestruturais e morfoesculturais; e Ab'Saber (1969) apresentou uma classificação baseada em critérios espaciais e temporais, valorizando a perspectiva geográfica.

Além destas quatro importantes propostas de classificações geomorfológicas, existem outros diversos sistemas de mapeamentos. Três desses sistemas de mapeamentos geomorfológicos são muito conhecidos e utilizados, a saber, os sistemas da IGU, do ITC (International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences) e francês (FLORENZANO, 2008a).

O sistema da IGU foi elaborado pela subcomissão de Mapeamento Geomorfológico criada no Congresso Internacional de Geografia no Rio de Janeiro em 1956. Foi elaborado o Manual de Mapeamento Geomorfológico Detalhado, publicado por Demek em 1972 e também a Legenda para o Mapa Geomorfológico Internacional da Europa, publicada por Basenina, Aristarchova e Lukasov em 1972.

Este sistema consiste, para Florenzano (2008a), na “... principal contribuição a uma proposta unificada para mapas geomorfológicos detalhados” (p. 108) nas escalas de 1:10.00 a 1:100.000. Está baseado no modelo das formas, com dados da morfografia, morfometria, morfogênese e morfocronologia, com ênfase na morfologia e na morfogênese, e ainda com destaque para as características das vertentes.

O sistema do ITC foi publicado por Verstappen e Van Zuidam em 1968 e também objetivou criar um procedimento internacional de mapeamento geomorfológico, sendo um trabalho paralelo ao do IGU. Utiliza a fotointerpretação como procedimento metodológico; as unidades geomorfológicas são a base do mapeamento e o processo morfogenético dominante é destacado em cada unidade. É um sistema adequado para diferentes escalas e a leitura do mapa produzido é relativamente fácil, com o uso de cores, símbolos e letras na representação cartográfica.

¹¹ Esta questão pendente não foi identificada apenas no Congresso da UGI em 1968, uma vez que propostas de classificação geomorfológica são elaboradas entre as décadas de 1950 e 1960.

Tem-se ainda o sistema francês, publicado em 1972 por Tricart, sendo o mais difundido no Brasil em virtude da grande influência da escola francesa em nosso país. Utiliza o modelo dos elementos no mapeamento e as informações morfogenéticas e geológicas são destacadas.

Outros pesquisadores continuaram produzindo sobre o assunto em questão, com destaque aqui para Salomé e Dorsser (1982), Zuidam (1982), Hayden (1986), Meijerink (1988), apud por Florenzano (2008a) e Gustavsson (2006).

Os primeiros realizaram um estudo comparativo de seis sistemas de mapeamento geomorfológicos, a saber, o ITC, o IGU, o francês, o polonês, o suíço e o belga, e identificaram o que é destacado em cada sistema quanto à morfografia, morfometria, morfogênese e morfocronologia.

A partir do sistema de mapeamento do ITC, Zuidam (1982) avaliou o grau de generalização ocorrente nas escalas de 1:50.000, 1:100.000 e 1:200.000.

Hayden (1986) afirma que, apesar dos esforços empreendidos, ainda não há uma legenda internacional ou chave unificada amplamente aceita de mapeamento geomorfológico. Apesar disto, é consenso entre os geomorfólogos que seja fundamental a identificação da unidade geomorfológica ou de terreno, ou seja, o relevo individual e geneticamente homogêneo produzido pelos processos geomorfológicos construtivos ou destrutivos.

Ele afirma que há dois modelos gerais para a unidade geomorfológica, a saber, o modelo dos padrões do relevo ou formas e o modelo dos elementos do relevo. No primeiro caso, uma forma é representada apenas por um símbolo e é o modelo de mapeamento utilizado pelos russos, poloneses e ex-checoslovacos.

No modelo dos elementos (porção indivisível e cuja reunião compõem as formas), cada forma seria representada por vários símbolos, gerando uma carta carregada de letras e símbolos lineares e pontuais e, portanto, de difícil leitura, sendo o modelo utilizado pelos britânicos e franceses.

Destaca-se ainda que Hayden (1986) defende que grande parte dos mapas geomorfológicos detalhados são de pequenas áreas e de escalas bem grandes, entre 1:10.000 a 1:50.000.

Meijerink propõe em 1988 um mapeamento geomorfológico baseado no sistema do ITC, com reformulações relacionadas ao agrupamento de algumas formas de relevo. A proposta dele, segundo Florenzano (2008a) é adotada pelo sistema Integrated Land and Watershed Management Information System - ILWIS.

Gustavsson (2006) defende que o mapeamento e a pesquisa geomorfológica das últimas décadas seguiram duas abordagens diferentes, a analítica e a sintética.

A primeira refere-se aos mapeamentos completos ou parciais com informações descritivas das características morfológicas, morfodinâmicas, morfogenéticas e morfocronológicas.

Na abordagem sintética, também denominada de integrada, os dados geomorfológicos são tratados de forma integrada às informações relacionadas ao solo, vegetação e hidrologia.

Com base nas demandas atuais, Gustavsson (2006) aponta uma terceira abordagem, a pragmática. Nesta, e em virtude do objetivo definido para o trabalho, são selecionados apenas alguns dados geomorfológicos, correspondendo, este caso, aos mapas parciais da abordagem analítica.

No Brasil, em escala pequena e segundo Florenzano (2008a), há quatro propostas de mapeamento geomorfológico, a saber, a do Projeto Radambrasil de 1970, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de 1981, da Fundação Centro de Planejamento da Bahia (Ceplab) de 1980 e a de Ross de 1992, 1994, 1996, 1997 e 2006.

Destaca-se no Brasil a proposta de Ab'Saber (1969) de pesquisa geomorfológica a partir de três níveis de tratamento, ou seja, a compartimentação topográfica, a estrutura superficial da paisagem e a fisiologia da paisagem.

Esta proposta, largamente aceita e aplicada nos estudos geomorfológicos no Brasil em diversas escalas de tratamento, não trata especialmente de mapeamento cartográfico.

Para Florenzano (2008a), o trabalho de mapeamento geomorfológico de detalhe é realizado em áreas reduzidas em extensão espacial e não sistematizados. Entretanto, a proposta de Ross (1992, 1994, 1996, 1997) e Ross e Fierz (2005), baseada na de Gerasimov e Mescherikov de 1968, trata do mapeamento do relevo com base nos diferentes níveis taxonômicos, sendo assim compatível com a representação espacial dos fatos geomorfológicos de pequenas, médias e grandes escalas.

A preocupação quanto às relações taxonômicas das unidades, feições ou formas a serem representadas cartograficamente levou Ross (1992, 1994, 1996, 1997 e 2005) a apresentar os pressupostos metodológicos de classificação e mapeamento do relevo, tendo como referência Demek (1967) e Mescerjakov (1968).

Têm-se, nesta classificação, seis unidades taxonômicas, aplicáveis nos diversos níveis escalares (Figura 1):

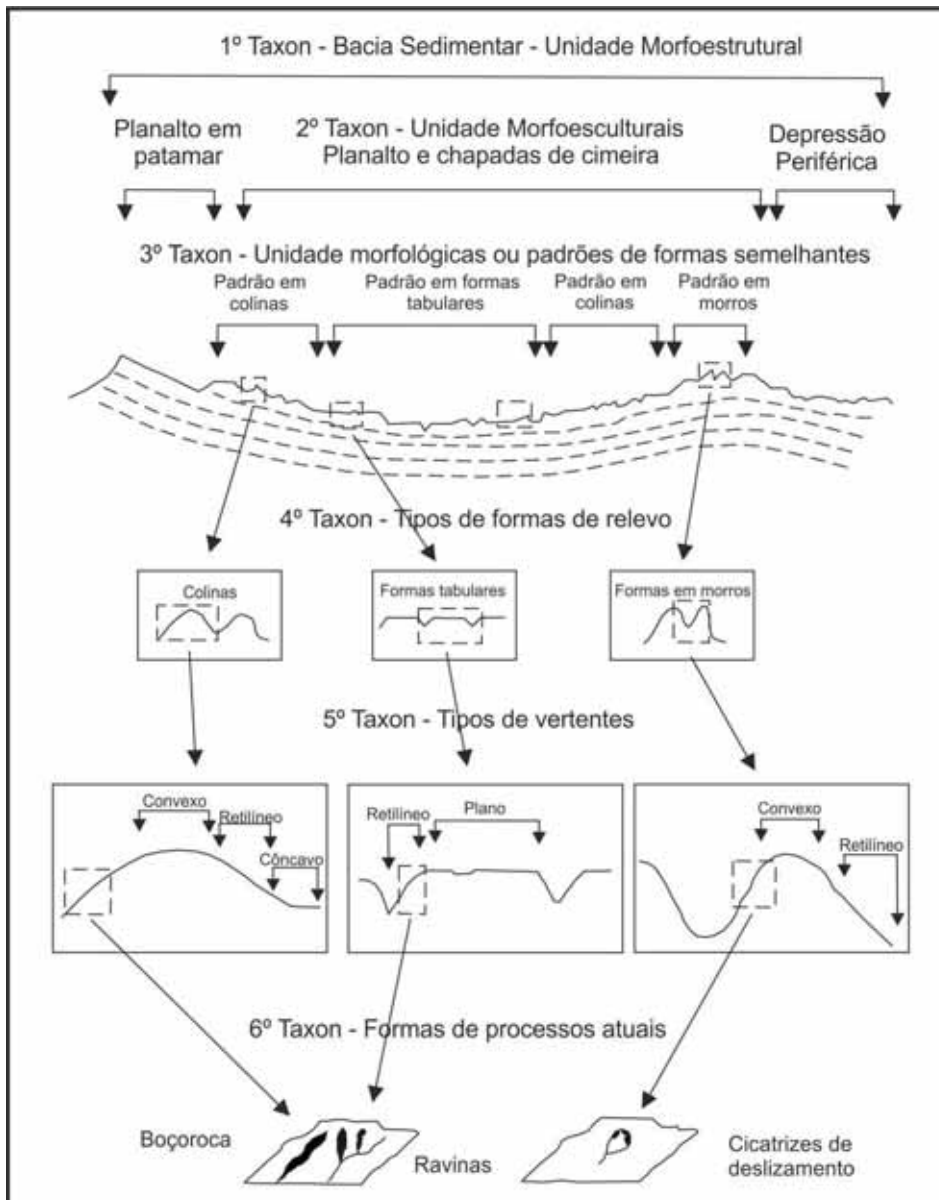


Figura 1 – Unidades taxonômicas do relevo
 Fonte: Ross, 1992.

- 1º táxon: unidades morfoestruturais que correspondem às grandes macroestruturas, como os escudos antigos, as faixas de dobramentos proterozóicos, as bacias paleomesozóicas e os dobramentos modernos. Referem-se aos tipos genéticos de agrupamentos de litologia e seus arranjos estruturais que determinam as formas de relevo.
- 2º táxon: unidades morfoesculturais, que equivalem aos compartimentos gerados pela ação climática ao longo do tempo geológico, com intervenção dos processos tectogénicos. As unidades morfoesculturais são caracterizadas pelos planaltos, planícies e depressões, inseridos numa unidade morfoestrutural, apresentando conjuntos de formas de relevo que guardam as mesmas características genéticas de idade e de semelhança dos padrões do modelado.

- 3º táxon: unidades morfológicas ou padrão de formas semelhantes, correspondentes ao agrupamento de formas relativas aos modelados, que são distinguidas pelas diferenças da rugosidade topográfica ou do índice de dissecação do relevo, bem como pelo formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão. São formas que geneticamente foram ou estão sendo geradas por processos denudacionais (erosão) e agradacionais (acumulação), os quais, respectivamente modelam as morfologias a partir da dissecação e deposição de sedimentos.
- 4º táxon: refere-se à unidade de padrão de formas semelhantes, individualizadas e inseridas nas unidades morfológicas do nível taxonômico anterior. Estas formas podem ser: a) de agradação (acumulação), como as planícies fluviais ou marinhas, terraços; b) de degradação (erosão) como colinas, morros e cristas.
- 5º táxon: corresponde aos tipos de vertentes ou setores das vertentes de cada uma das formas do relevo. Cada tipologia de forma de uma vertente é geneticamente distinta; cada um dos setores dessa vertente pode apresentar características geométricas, genéticas e dinâmicas também distintas. Ross (1997) observa que as representações desse táxon são possíveis somente em escalas grandes.
- 6º táxon: refere-se às formas menores resultantes da ação dos processos erosivos atuais ou dos depósitos atuais. Como exemplo, tem-se as formas associadas às intervenções antropogênicas como as voçorocas, ravinas, cortes de taludes, escavações e outros.

Considerando tal flexibilidade escalar e relativa facilidade na aplicabilidade, vários outros autores utilizaram esta proposta no mapeamento geomorfológico em diversas áreas do país como Ross e Moroz (1997), Rodrigues e Brito (2000), Santos et al (2006), Oliveira e Rodrigues (2007), Furrier (2007), Dias e Fujimoto (2008), Nogueira, Pinese Júnior e Rodrigues (2008), Rangel e Ross (2009), Santos e Carvalho (2009), Soares e Fujimoto (2009), Oliveira e Chaves (2009), Dias, Fujimoto e Soares (2009) e Assumpção e Hadlich (2009).

Ross e Moroz (1997) elaboraram o mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, com base na análise taxonômica do relevo e nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. Em virtude da escala definida, 1:500.000, foram representados individualmente apenas os primeiros três táxons.

No trabalho de Rodrigues e Brito (2000) o mapeamento geomorfológico elaborado de uma bacia hidrográfica da porção centro-leste de Minas Gerais foi baseado na análise morfoescultural, na escala de 1:50.000, valorizando os 5º e 6º táxons e evidenciando a morfologia e a morfometria do relevo.

Santos et al. (2006) e Santos e Carvalho (2009) publicaram o trabalho sobre o mapeamento geomorfológico do estado do Paraná, na escala de 1:250.000 e representando as unidades morfoestruturais, morfoesculturais e as sub-unidades morfoesculturais, ou seja, os três primeiros níveis taxonômicos

Oliveira e Rodrigues (2007) realizaram um estudo geomorfológico numa região oeste de Minas Gerais, na escala de 1:250.000, sendo considerados e mapeados os quatro primeiros níveis taxonômicos do relevo, isto é, as unidades morfoestruturais, morfoesculturais, as unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes e os tipos de formas de relevo.

Furrier (2007) caracterizou e mapeou o relevo da porção centro-sul litorânea do Estado da Paraíba, na escala de 1:100.000 até o 4º nível taxonômico. Toda a área mapeada está inserida em morfoestrutura sedimentar, semelhante ao que acontece com a Ilha do Maranhão.

O principal objetivo do trabalho de Dias e Fujimoto (2008) foi elaborar um mapeamento geomorfológico do município de Porto Alegre para identificar as formas de relevo que foi representado na escala de 1:50.000 e elucidar os processos operantes na área.

O trabalho de Nogueira, Pinese Júnior e Rodrigues (2008) objetivou elaborar o mapa de compartimentos morfológicos da bacia do rio Uberabinha, MG, que corresponde ao 3º nível taxonômico do relevo, utilizando os dados do SRTM e o software Spring.

Rangel e Ross (2009) objetivaram avaliar a fragilidade potencial e ambiental da bacia do alto rio Juquerí - SP, a partir da caracterização taxonômica do relevo.

Elaborar um mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio do Silveira, RS, considerando os três primeiros níveis taxonômicos do relevo, foi o objetivo central do trabalho de Soares e Fujimoto (2009). Os mapas utilizados em campo e na análise dos dados foram feitos em escala 1:50.000, bem como o Mapa Geomorfológico. Para a edição gráfica e impressão final, o Mapa Geomorfológico foi apresentado em escala 1:150.000.

O trabalho de Oliveira e Chaves (2009) teve como objetivo analisar a fragilidade ambiental de um setor do semiárido brasileiro, na porção nordeste do estado da Bahia, a partir dos índices de dissecação do relevo relativo ao 3º nível taxonômico. A escala de trabalho utilizada foi 1:100.000.

Dias, Fujimoto e Soares (2009) elaboraram o mapeamento geomorfológico do município de Porto Alegre-RS na escala de 1:50.000, até o 4º nível taxonômico do relevo e utilizaram cartas topográficas do Serviço Geográfico do Exército, imagem de satélite *QuickBird* e o software ArcGis 9.2.

O objetivo do trabalho de Assumpção e Hadlich (2009) foi produzir um mapa geomorfológico preliminar da carta topográfica de Seabra, em escala 1:100.000, delimitando as unidades geomorfológicas, levando em consideração a geologia, rede de drenagem, a declividade das vertentes e o grau de dissecação. Foi utilizada a imagem do SRTM e software Spring e analisados cinco níveis taxonômicos do relevo.

A Ilha do Maranhão tem sido estudada e/ou mapeada geomorfológicamente por diversos autores, em escalas diferentes, dentre eles, Ab'Saber (1960), Brasil (1973), Morais (1977a e 1977b), Feitosa (1989, 1993 e 1996), Santos (1996), Maranhão (1998b), Dias e Nogueira Júnior (2005), Sathler et al (2005), Pereira (2006), Souza et al (2006), El-Robrini et al (2006), Novaes et al (2007), Pereira e Zaine (2007), Cunha (2008), Silva e Pereira (2008), Silva e Sales (2009), Teixeira e Souza Filho (2009) e UFMA (2009).

Parte destes trabalhos contém dados geomorfológicos de reduzidas áreas e apenas os trabalhos de Cunha (2008) e Silva e Pereira (2008) apresentaram uma análise geomorfológica de uma sub-bacia hidrográfica da Ilha do Maranhão, a partir da taxonomia do relevo com base em Ross (1992, 1994, 1996, 1997 e 2005).

Ab'Saber (1960) escreveu um importante artigo sobre a originalidade geográfica e a geomorfogênese do Golfão Maranhense, além de discutir as morfologias do Estado do Maranhão.

O Projeto RadamBrasil publicou em 1973 o trabalho de levantamento de dados de geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra, da folha SA 23 – São Luís e parte da folha SA 24, numa área de quase 200 mil quilômetros, na escala de 1:1.000.000. Nesta escala, esta publicação até hoje é considerada fundamental na área de geociências.

Morais (1977a e 1977b) contribuiu com dois trabalhos sobre os processos e a evolução sedimentar da baía de São Marcos do Golfão Maranhense com uso de dados batimétricos e fotografias aéreas da área.

Em 1989 e 1996, respectivamente, Feitosa produziu trabalhos relacionados à evolução morfogenética e dinâmica dos processos geomorfológicos da faixa litorânea da porção norte e nordeste da Ilha do Maranhão.

No ano de 1998, foi publicado um documento relacionado à caracterização geomorfológica da Ilha do Maranhão na escala de 1:100.000, entretanto, também não tratou da análise taxonômica do relevo.

Santos (1996) fez uma análise da ocupação da franja costeira da porção norte de São Luís, utilizando o geoprocessamento, para o entendimento das inter-relações ocorrentes

entre as características ambientais e as interferências humanas. Foram elaboradas cartas temáticas na escala de 1:8.000 das feições hidrológicas e morfológicas da área.

Luz (1999) abordou a história geológica da Ilha do Maranhão e caracterizou as rochas formadoras da ilha, os fatores geológicos controladores e a ocorrência dos processos geológicos ativos.

Dias e Nogueira Júnior (2005) analisaram, a partir de uma visão integradora dos aspectos físico-naturais e sociais, as principais características da Ilha do Maranhão. Abordaram ainda os problemas ambientais da área, objetivando a integração de informações que se destinam ao planejamento territorial.

Através da identificação, localização e caracterização das áreas sob o efeito dos processos erosivos, Sathler et al (2005) investigaram a evolução desses processos na Ilha do Maranhão.

El-Robrini et al (2006) realizaram um estudo sistemático da costa do Estado do Maranhão, com a elaboração do estudo da linha de costa, a compartimentação de unidades e subunidades geomorfológicas e dados da morfodinâmica costeira.

Novaes et al (2007) estudaram a sensibilidade da porção ocidental da Ilha do Maranhão, que sofre influência direta dos agentes oceanográficos, objetivando identificar a vulnerabilidade ambiental da área quanto aos problemas ambientais causados pelas atividades portuárias, como o derramamento de óleo e de produtos químicos. Foram elaboradas as cartas de geologia, de compartimentação geomorfológica, de fitotipologias, de uso e ocupação do solo e de sensibilidade ambiental.

O trabalho de Pereira e Zaine (2007) apresenta uma caracterização do meio físico da bacia do rio Bacanga e elaborou um mapa geológico-geotécnico fundamental no método do detalhamento progressivo com informações geológicas, geomorfológicas e de solos, numa base cartográfica na escala de 1:20.000.

Silva e Sales (2009) visaram identificar os processos morfodinâmicos na praia da Ponta D'areia, localizada na porção norte da Ilha do Maranhão, seus problemas ambientais e indicar medidas mitigadoras para conter o processo de degradação.

Teixeira e Souza Filho (2009) realizaram o reconhecimento e mapeamento dos ambientes costeiros do Golfão Maranhense relacionados à geomorfologia, topografia e sedimentologia, a partir do processamento digital de imagens ópticas Landsat, Spot, SAR do Radarsat e do SRTM, do sistema de informações geográficas e dos levantamentos de campo.

Segundo Florenzano (2008b, p. 31), o uso de imagens de sensoriamento remoto orbital e técnicas de exploração dos dados dessas imagens é fundamental para a

geomorfologia. O sensoriamento remoto é a tecnologia de aquisição de dados da superfície terrestre à distância, através de “... sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (satélites)”.

Existem sensores ópticos (imagens satélite Landsat) e do tipo radar (dados do SRTM) que captam a radiação da região do ultravioleta, do visível e do infravermelho. Os do tipo radar captam a radiação na região de microondas e por isto, podem operar à noite, em dias nublados, com chuva e fumaça, o que é de significativa importância para a região tropical, principalmente para o norte do Estado do Maranhão (FLORENZANO, 2008b).

Para Florenzano (op. cit), as imagens aeroespaciais contribuem para o estudo e mapeamento geomorfológico de três formas: como base cartográfica para o lançamento de informações e apoio de campo; na extração de dados geomorfológicos; na elaboração de cartas morfométricas, de risco e geomorfológicas completas; e na análise integrada e no mapeamento da paisagem.

Este presente trabalho apresenta uma contribuição acadêmica relacionada ao mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão, uma vez que segue a proposta metodológica de Ross (1992, 1994, 1996, 1997 e 2005), ressaltando os aspectos morfológicos e morfométricos da área de estudo na escala de 1:60.000.

3 PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

A pesquisa é descritiva quanto aos objetivos. A respeito da relação sujeito/pesquisador/sujeito esta é uma pesquisa quantitativa alicerçada em Minayo (2000).

A partir do objetivo geral e dos específicos adotados para este trabalho e apresentados no item *Introdução*, foram definidas diversas etapas para o desenvolvimento da pesquisa, a saber: seleção da área de estudo, levantamento bibliográfico e cartográfico, organização do ambiente de trabalho, vetorização dos mapas de geologia e de solos, elaboração dos mapas clinográfico e hipsométrico, geração da imagem sombreada do SRTM e da imagem sintética de composição colorida (RGB) e sombreada do SRTM, análise e interpretação das imagens de satélite Landsat TM 5, elaboração do mapa das bacias hidrográficas, elaboração dos perfis topográficos transversais e da ficha de campo, realização dos trabalhos de campo, levantamento de dados morfométricos das bacias de drenagem, realização da análise estatística, elaboração dos mapas de compartimentação das bacias hidrográficas, considerando índices morfométricos, elaboração da matriz de dissecação do relevo, do mapa de dissecação do relevo e do mapa geomorfológico. Essas etapas estão descritas a seguir.

a) Seleção da área de estudo

A Ilha do Maranhão foi selecionada como área-objeto de estudo em função de vários fatores; dentre esses, destacam-se aqui quatro. A carência de trabalhos sobre mapeamento geomorfológico, considerando a gênese e evolução do Golfão Maranhense, as unidades morfoestruturais e morfoesculturais propostas por Gerasimov e Mescherikov (SANTOS et al, 2006) e aplicadas através dos níveis taxonômicos de Ross (1997 e 2005) e considerando a necessidade de gerar documentos básico com fins de planejamento ambiental.

Como a ilha está sendo, desde o final do século passado, fortemente ocupada pelos diversos agentes sociais, esta ocupação acelera os processos operantes e modeladores do relevo. O estudo e mapeamento do relevo são fundamentais para a gestão de políticas públicas voltadas para o planejamento racional dos recursos naturais, uma vez que toda ou quase toda ação humana é desenvolvida sobre as morfologias.

Além da Ilha do Maranhão, optou-se por incluir neste trabalho a ilha de Curupu, situada na porção nordeste da área de estudo, uma vez que a mesma praticamente é unida à

primeira durante o período das marés baixas e é utilizada como área de lazer pela população ludovicense e por turistas.

Considerando as características próprias de cada ilha, foi necessário, em alguns momentos do texto, destacar cada uma delas individualmente; entretanto, isto não foi uma constante em todo o trabalho.

Assim e em geral, quando se lê Ilha do Maranhão, refere-se a toda a área de estudo, isto é, esta ilha, a ilha de Curupu e pequenas outras ilhas situadas na baía de Curupu. Todavia, outras ilhas presentes no Golfão Maranhense e próximas à Ilha do Maranhão não foram estudadas neste em função dos objetivos definidos para este trabalho.

b) Levantamento bibliográfico e cartográfico

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica de trabalhos produzidos e publicados acerca do conceito de paisagem nas diversas escolas epistemológicas, do mapeamento geomorfológico como instrumento na pesquisa da paisagem em escala detalhada ou média, e do quadro geoambiental da Ilha do Maranhão, incluindo a gênese e evolução das morfologias no Golfão Maranhense e na ilha, a caracterização geológica, do clima, dos agentes oceanográficos, da drenagem, dos solos, bem como da ação humana.

Quanto ao tema mapeamento geomorfológico, vários autores foram revisitados como Passarge (1914) apud Klimaszewski (1982), Tricart e Cailleux (1956), Tricart (1965), Demek (1967), Verstappen e Van Zuidam (1975), Klimaszewski (1982), Salomé e Van Dorsser (1982), Verstappen (1983) apud Florenzano (2008a), Hayden (1986), Meijerink (1988) apud Florenzano (2008a) e Gustavsson (2006).

No Brasil, diversos autores tratam deste tema e foram também estudados, como Ross (1992, 1994, 1996, 1997), Ross e Moroz (1997), Ross e Fierz (2005), Rodrigues e Brito (2000), Santos et al (2006 e 2009), Oliveira e Rodrigues (2007), Furrier (2007), Dias e Fujimoto (2008), Florenzano (2008a), Nogueira, Pinese Júnior e Rodrigues (2008), Rangel e Ross (2009), Soares e Fujimoto (2009), Oliveira e Chaves (2009), Dias, Fujimoto e Soares (2009), Assumpção e Hadlich (2009) e Nunes et al (2010).

Sobre o quadro geoambiental, incluindo a gênese e a evolução das morfologias no Golfão Maranhense e na Ilha do Maranhão, vários autores também foram revisitados, como Ab'Saber (1960), Brasil (1973), Morais (1977a e 1977b), Feitosa (1989, 1993, 1996 e 1998), Santos (1996), Maranhão (1998a, 1998b, 1998c, 1998d, 1998e e 1998f), Luz (1999), Almeida (2000), Veiga Júnior (2000), Dias e Nogueira Júnior (2005), Sathler et al (2005), Souza et al

(2006), El-Robrini et al (2006), Pereira (2006), Novaes et al (2007), Pereira e Zaine (2007), Cunha (2008), Silva e Pereira (2008), Silva e Sales (2009), Teixeira e Souza Filho (2009) e UFMA (2009).

Já que a ação humana é considerada como um importante agente geomórfico ativo, também foram estudadas algumas publicações que tratam de dados censitários e do uso e da ocupação da Ilha do Maranhão como IBGE (1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2012), Maranhão (1998e), Ferreira (2000), Diniz (2007), Burnet e Ferreira (2009), IMESC (2009) e Tesh (2011).

A caracterização climática foi extraída da publicação da UFMA (2009), à qual se baseou em trabalhos, realizados anteriormente na região, e nas Normais Climatológicas publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com aplicação de ferramentas estatísticas.

Os dados de temperatura foram analisados segundo uma série histórica, nos períodos entre 1931-1996, 1971-1990, 1991-1999, 2002-2009 (UFMA, 2009). Os de precipitação foram analisados a partir de dados dos anos de 2002 a 2009.

As informações sobre os ventos foram geradas a partir dos dados gerados pela plataforma coletora (PCD) do INPE, referentes a dois períodos: de 19/09/2002 a 14/05/2004 e de 01/01/2005 a 31/12/2007 e também nos do LABMET (Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão).

O cálculo do índice de erosividade¹² foi determinado por meio da metodologia de Wischmeier e Smith (1965), na qual: $R = 6,886 (p/ P) 0,85$. Onde: **R** - Erosividade (ton/ha/ano); **p** - precipitação média mensal e **P** - precipitação média anual (UFMA, 2009).

O material cartográfico utilizado para o alcance dos objetivos foram os mapas de geologia, de hidrologia, de solos e da Ilha do Maranhão, na escala de 1:100.000, juntamente com os respectivos relatórios publicados por Maranhão (1998a, 1998c e 1998f), as cartas planialtimétricas da DSG-ME na escala de 1:100.000 (BRASIL, 1980a e 1980b), as imagens de sensoriamento remoto orbital, a saber, duas imagens de satélite Landsat TM 5 dos anos de 1984 e 2008 (MIRANDA e COUTINHO, 2004) e uma imagem do SRTM (NASA, 2006).

Na escala de 1:100.000, as cartas planialtimétricas digitais da DSG/ME (BRASIL, 1980a e 1980b), folha Alcântara SA.23-Z-A-II e folha São Luís, SA.23-Z-A-V, com equidistância das curvas de nível de 50 metros foram utilizadas para a digitalização da

¹² Determina a capacidade das precipitações em causar erosão em áreas degradadas durante a estação chuvosa.

drenagem da Ilha do Maranhão e para a análise comparativa com os dados das imagens do satélite Landsat TM 5 relacionados aos limites da ilha, planície de maré e toponímia.

As imagens de satélite utilizadas foram Landsat TM 5, órbita/ponto 220-62, de 20/06/1984 e 10/09/2008, bandas 3, 4, 5 referentes às bandas espectrais do vermelho, infravermelho próximo e infra-vermelho médio, com 30 metros de resolução espacial.

O Landsat (Land Remote Sensing Satellite), desenvolvido pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), foi o primeiro programa de satélite de sensoriamento remoto destinado a observação dos recursos terrestres (RANGEL, 2003 e NASA, 2006).

Este programa objetivou a aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais da superfície da Terra de forma global e repetitiva. O Mapeador Temático (*TM - Thematic Mapper*) instalado a bordo do satélite Landsat-5 dispõe de dados em 7 bandas espectrais, com resolução espacial de 30 m para as bandas do visível, infravermelho próximo e médio (cada pixel da imagem representa uma área de 0,09 ha de terreno), e de 120 m para a banda do infravermelho termal, banda 6 (cada pixel representa 1,4 ha).

As imagens TM apresentam uma cena de 185 km x 185 km, formada por elementos de resolução no terreno. Os dados também podem ser utilizados a partir da associação de suas características temporais e multiespectrais, obtendo-se uma composição colorida multitemporal/multiespectral (RANGEL, 2003).

O projeto SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) foi desenvolvido através da

cooperação entre a Nasa e a National Imagery and Mapping Agency (Nima), do Departamento de Defesa (DOD) dos Estados Unidos e das agências espaciais da Alemanha e da Itália. O sobrevôo da SRTM ocorreu no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, durante o qual foram percorridas 16 órbitas por dia, num total de 176 órbitas. O sobrevôo foi concluído com a coleta de 12 TB de dados, que cobriu 80% da área terrestre do planeta, entre latitudes 60° N e 56°S. O processamento dos dados coletados visou à formação de um MDE mundial, elaborado por continente... Desde agosto de 2003, os dados SRTM da América do Sul estão disponíveis, com acesso livre na rede mundial de computadores (VALERIANO, 2008, p. 78-79).

Os MDEs (Modelos Digitais de Elevação) foram gerados na resolução de 30 m para os Estados Unidos e 90 m para os outros países do mundo, sendo WGS84 o Datum e o elipsóide de referência e com dados de z em metros inteiros (NASA, 2006).

Segundo Jensen (2009), esse primeiro levantamento de dados digitais de elevação do planeta foi realizado por interferometria e não fotogrametria, ou seja, as imagens de radar foram registradas de um mesmo local por antenas em diferentes localizações e em tempos diferentes.

CARVALHO e BAYER (2008) defendem que os produtos do SRTM incluem um

...conjunto de imagens de radar e se distinguem dos anteriores por serem sensores de visada vertical e lateral, logo são capazes de reproduzir altitudes, trata-se de um modelo digital do terreno, ou seja, representa em três dimensões espaciais o relevo, latitude, longitude e altitude (x, y, z) (p. 36).

Tais autores afirmam que as imagens em questão estão sendo utilizadas frequentemente para análises quantitativas e qualitativas de estudos geomorfológicos, geológicos, hidrológicos e outros.

Em estudos geomorfológicos, estas imagens fornecem dados do relevo e os agentes modificadores dele, o que facilita o processo de elaboração de mapas hipsométricos, clinográficos e de perfis topográficos, dentre outros produtos.

Neste trabalho, os produtos citados foram elaborados através das imagens do SRTM, assim como a imagem sombreada e a imagem sintética de composição colorida (RGB) e sombreada da área de estudo.

c) Organização do ambiente de trabalho

O ambiente de trabalho foi organizado a partir da criação do banco de dados *Ilha do Maranhão*, dentro do SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), versão 4.2, Windows, tendo como Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) o Access (CAMARA et al, 1996).

O SPRING é um banco de dados geográfico, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) juntamente com o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), para ambientes UNIX e Windows. É considerado um banco de dados geográfico porque foi concebido com todos os ferramentais de um sistema de informação dentro de estrutura de banco de dados relacionais, além de ser uma ferramenta de análise que auxilia na tomada de decisões.

A motivação básica para o desenvolvimento do SPRING foi a integração de dados e a facilidade de uso. O uso de técnicas, análises de geoprocessamento e gerenciamento de dados por meio de sistemas de informações geográficas é justificado, uma vez que permite tornarem-se mais versáteis, rápidas e confiáveis as operações de manipulação das bases de dados (CAMARA et al, 1996).

Em seguida e após a criação do banco de dados, definiu-se o Projeto *Ilha do Maranhão*, tendo como parâmetros: projeção cartográfica UTM; modelo da Terra

SAD69; meridiano central 45° W. GR.; zona 23 e as coordenadas geográficas da área em estudo.

Posteriormente, iniciou-se a inserção de dados no SPRING, definindo-se o esquema conceitual de dados, criando-se classes derivadas das categorias básicas, que são as temáticas e de modelo numérico do terreno. Para cada categoria foram associados planos de informação com representações distintas, de acordo com o modelo de dados pertencente e conforme as etapas e necessidades do trabalho.

Todo o trabalho de mapeamento dos temas geologia, solos, hipsometria, clinografia, linhas de drenagem, bacias hidrográficas, índice de circularidade, coeficiente de compactidade, fator de forma, densidade de drenagem, amplitude altimétrica, geomorfologia, além do levantamento dos dados de área, perímetro e índice de sinuosidade foram realizados no Spring e no interior do banco de dados supracitado.

d) Vetorização do mapa de geologia

O mapa de geologia da Ilha do Maranhão foi vetorizado no programa Spring 4.2, a partir dos seguintes documentos: mapa de geologia, escala de 1:100.000, produzido por Maranhão (1998a); carta geológica da CPRM¹³, escala de 1:250.000, elaborada por Rodrigues et al (1994); e carta geológica da CPRM, escala 1:500.000, folha SA.23-X/Z São Luís NE/SE, elaborada por Veiga Júnior (2000).

Realizou-se também, a interpretação visual via tela da imagem sombreada do MDE do SRTM (NASA, 2006) e da imagem de Landsat TM 5, órbita/ponto 220-62, de 10/09/2008, bandas 3, 4, 5.

Para a delimitação de cada unidade geológica foi criada a categoria temática *Geologia* com as seguintes classes temáticas espaciais dentro do Modelo de Dados do Spring 4.2, a saber: QHm (depósitos de mangue), QHfl (depósitos fluviolacustres), QHml (depósitos marinhos litorâneos), QHe (depósitos eólicos litorâneos), QHa (depósitos aluvionares e coluvionares), QHfm (depósitos fluviomarinhos), QPa (depósitos de argilas adensadas com areias) - relacionados aos depósitos holocênicos e pleistocênicos, NQI (cobertura laterítica) relacionada ao Neogeno Quaternário e Plio - Pleistoceno), ENb (Formação Barreiras) relacionada ao Paleogeno/Neogeno e Ea (arenitos finos) relacionados ao Paleogeno.

¹³ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Os depósitos de mangue e os fluviomarinhas foram considerados como uma única unidade geológica, tendo em vista os objetivos deste trabalho e a dificuldade de individualizar cada um deles na área de estudo.

Os depósitos do Paleogeno não foram individualizados no mapa de geologia, uma vez que o afloramento desses sedimentos ocorre de forma pontual na porção ocidental da Ilha do Maranhão.

Após a delimitação de cada unidade, os polígonos foram classificados conforme as classes temáticas definidas no Modelo de Dados, gerando dados areais.

A identificação e representação das unidades geológicas foram fundamentais para a delimitação das unidades de relevo, às quais estão intrinsecamente relacionadas, em função da morfogênese e da morfodinâmica. Com exceção do mapa geomorfológico, todos os demais mapas temáticos são apresentados neste trabalho na escala de 1: 180.000.

e) Vetorização do mapa de solos

O mapa de solos da Ilha do Maranhão foi elaborado por Maranhão (1998f) na escala de 1:100.000. Este mapa foi adquirido no formato digital TIFF, importado para o programa ArcGIS 9.3.1, licença n. 37145844 e georreferenciado inicialmente através da técnica de *Transformação Afim*, com o objetivo de ajustar a imagem por um conjunto de pontos.

Tal procedimento não foi considerado eficaz em virtude do não ajustamento da imagem à drenagem da Ilha do Maranhão, vetorizada no programa Spring 4.2, a partir da imagem orbital do satélite Landsat TM 5, órbita/ponto 220-62, de 10/09/2008. Nesta perspectiva, optou-se por utilizar a técnica denominada *Transformação por Ajuste*, à qual ajusta localmente os pontos e foi considerada eficaz.

A imagem georreferenciada foi salva como Geotiff e importada para o Banco de Dados *IlhadoMaranhao*, após a criação da categoria *Solos*, no Modelo de Dados *Imagem*.

Posteriormente criou-se a categoria *Solos* no Modelo de Dados Temático, com sete classes temáticas espaciais, uma para cada classe de solo, a saber: Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA1), Argissolo Vermelho-Amarelo Concrecionário (PVAc), Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo1 e RQo2), Neossolo Quartzarênico Órtico Alumínico (RQo3), Neossolo Quartzarênico Hidromórfico (RQg 1), Gleissolos (GX), e Solos Indiscriminados de Mangue.

O mapa de solos publicado por Maranhão (1998f) foi elaborado a partir das normas estabelecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS (EMBRAPA, 1996). Entretanto, considerando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, publicado pela Embrapa (1999), foi realizada a adequação destas classes de solos para atender às novas normas técnicas.

As classes de solos ocorrentes na área de estudo foram descritas a partir de trabalhos de campo para caracterização dos perfis e registro de fotos e do relatório publicado por Maranhão (1998f).

A dimensão espacial das classes *Gleissolos* e *Solos Indiscriminados de Mangue* foi alterada do mapa original, uma vez que estas unidades foram novamente interpretadas através da imagem orbital do Landsat e trabalhos de campo, com a presença de um especialista na área de mapeamento e classificação dos solos da Ilha do Maranhão.

O valor total da área de estudo neste mapa não coincide com a dos outros mapas. Acredita-se que este fato ocorreu em virtude de que se trata de um mapa elaborado por outros autores e importado para o banco de dados criado para este trabalho.

As cores utilizadas no mapa para as classes Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolos Háplicos e Neossolos Quartzarênicos Distróficos e Hidromórficos foram aquelas propostas por IBGE (2009b).

Em virtude de que para as demais classes de solos ocorrentes na área, não há sugestão de cor na bibliografia utilizada (op. cit), foram definidas as cores apresentadas no mapa, às quais foram consideradas adequadas para o fim em questão.

f) Elaboração do mapa clinográfico

O processo de elaboração do mapa clinográfico foi iniciado a partir da aquisição do MDE (Modelo Digital de Elevação) previamente georreferenciado, em formato GeoTIFF, na projeção cartográfica WGS 84, na escala 1:250.000, relativo à folha SA-23-Z-D, com resolução de 90 x 90m.

Esses dados foram gerados através do Projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) e disponibilizados gratuitamente por meio do Projeto Relevo do Brasil da Embrapa (MIRANDA e COUTINHO, 2004).

Os dados do MDE da imagem do SRTM foram importados para o banco de dados Ilha do Maranhão após a criação da Categoria *SRTM*, Modelo *Imagem* e Plano de Informação *SA-23-Z-D* (Figura 2).

Posteriormente foi criada, no Spring, a categoria *SRTM*, modelo MNT¹⁴ para gerar a grade de declividade. Com base nestes dados originais foi gerada uma grade regular de altimetria com resolução de 30 x 30m, utilizando-se o interpolador bicúbico (Figura 3).

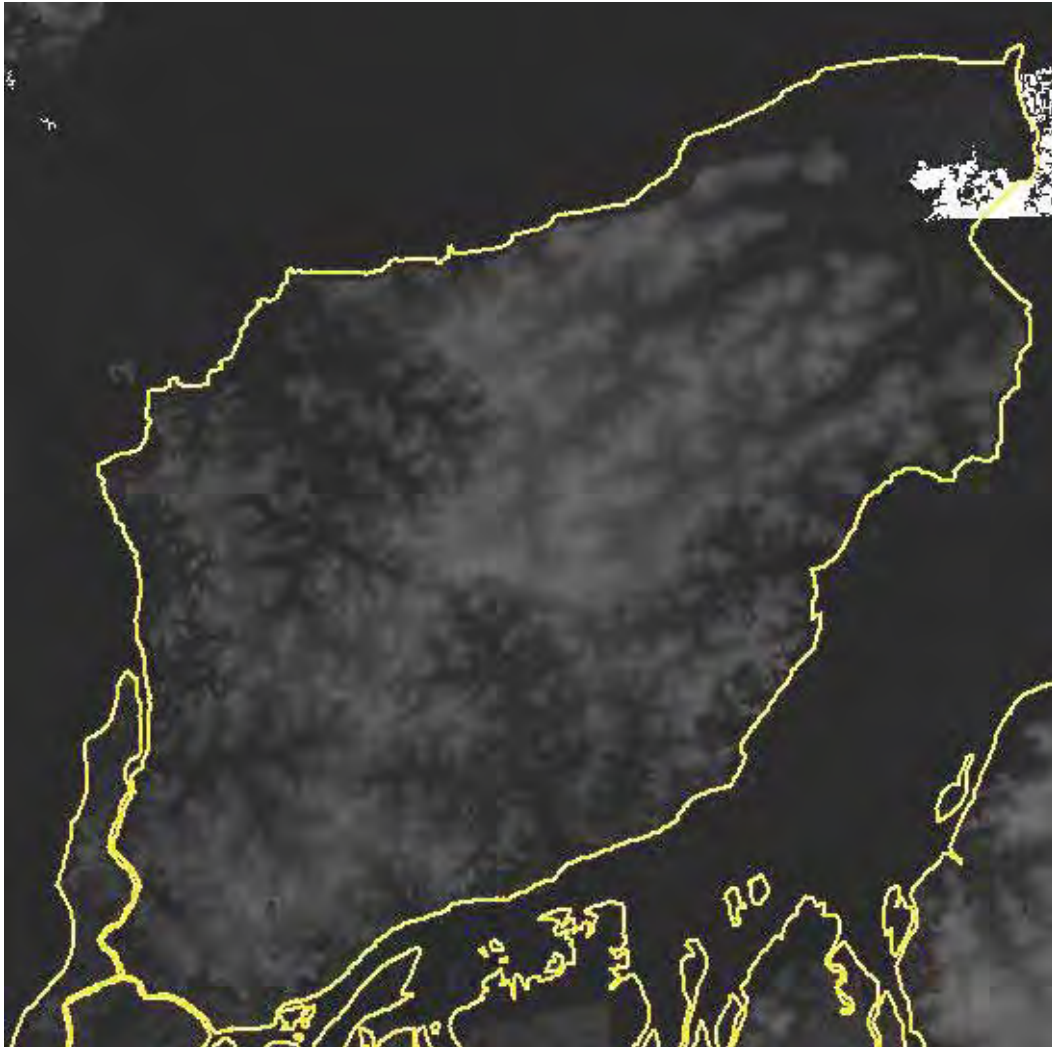


Figura 2 – Imagem do SRTM da Ilha do Maranhão e de Curupu
Fonte: Miranda e Coutinho, 2004.

Nas figuras 2 e 3, as tonalidades altas (claro) representam as áreas com relevos planos e menos dissecados e as tonalidades baixas (escuro) estão relacionadas às áreas mais dissecadas, localizadas nos fundos dos vales nas imagens em níveis de cinza (SOUSA, SILVA e COSTA, 2005) e aos relevos agradacionais como as planícies de maré, fluvial, praias e dunas, apicuns e terraços.

¹⁴ No Programa Spring versão 4,2 (versão utilizada neste trabalho), tem-se como um dos modelos de dados, o Modelo Numérico de Terreno (MNT), e não Modelo Digital de Elevação (MDE), termo este atualmente mais utilizado na bibliografia especializada.

Em seguida foi criada a categoria *DECLIVIDADE*, modelo *MNT*. Criou-se outra categoria, *DECLIVIDADE*, modelo temático, para a definição das classes temáticas, a saber, de 0 a 2%, de 2 a 6%, de 6 a 12%, de 12 a 20%, 20 a 30% e maior que 30%.

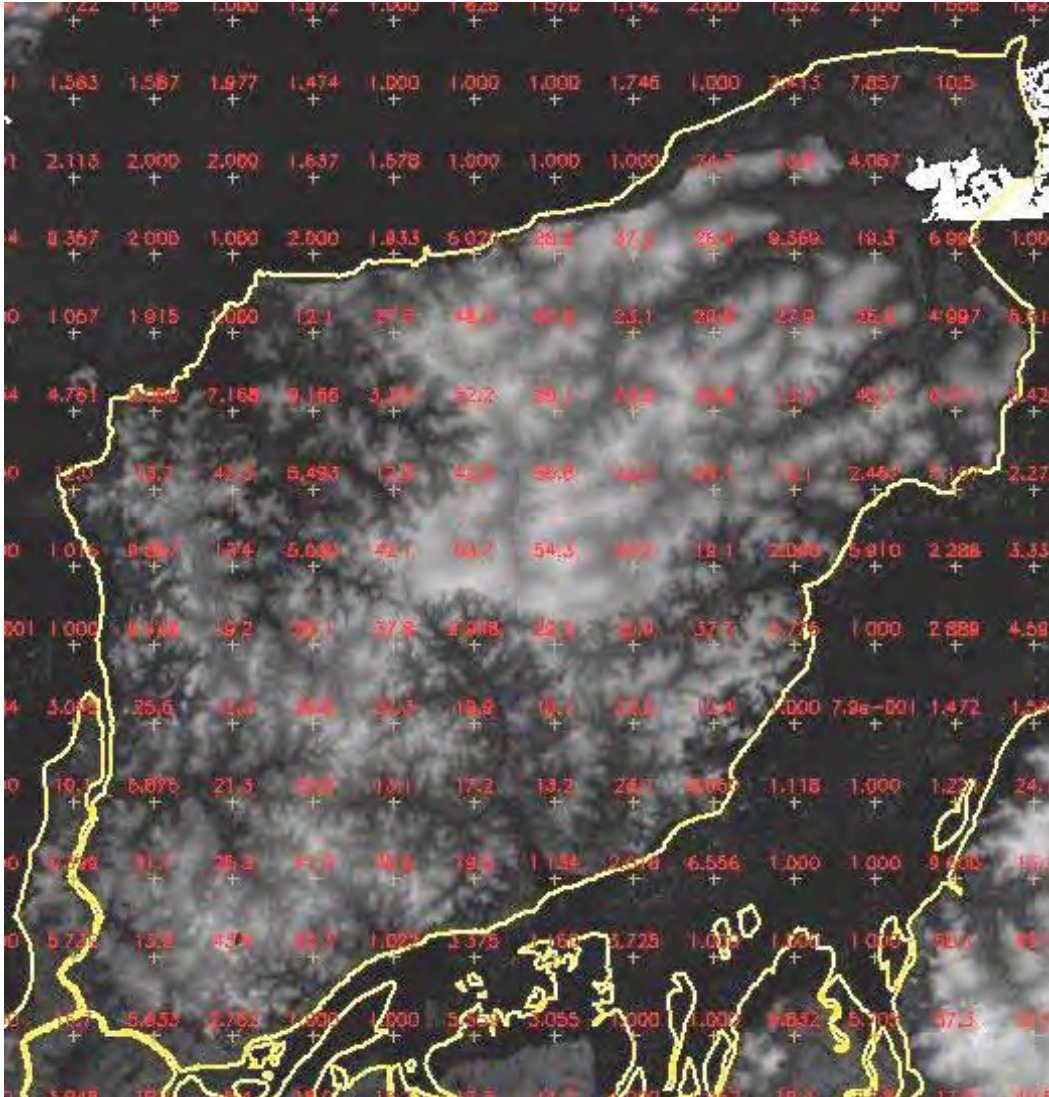


Figura 3 – Grade regular de altimetria do SRTM
Fonte: Miranda e Coutinho, 2004.

Esta classificação foi baseada em Florenzano (2008a) e na Lei federal 6766/79 (BRASIL, 1979), com algumas adaptações consideradas necessárias, uma vez que a área de estudo é muito plana.

A partir da criação das classes temáticas, foi executado o Fatiamento, utilizando-se os mesmos intervalos dessas classes, gerando assim o mapa clinográfico.

g) Elaboração do mapa hipsométrico

O mapa hipsométrico foi elaborado a partir do MDE do SRTM, no formato de uma grade regular, originalmente na resolução espacial de 90m, e reamostrado para uma resolução espacial de 30m, utilizando-se o interpolador bicúbico. Essa reamostragem foi realizada visando compatibilizar os dados do SRTM à resolução espacial das imagens orbitais TM/ LANDSAT 5.

Também foi criada a categoria HIPSOMETRIA, modelo TEMÁTICO, com a criação das classes temáticas, de conformidade com a amplitude altimétrica da área de estudo. Esses valores foram distribuídos em 7 (sete) classes com intervalo de 10m.

O fatiamento foi executado a partir da grade anteriormente gerada, com os mesmos intervalos de classes criados no modelo TEMÁTICO, originando-se assim o mapa hipsométrico. Em virtude da base cartográfica adotada, SRTM, 0,63% da Ilha do Maranhão não foi mapeada, por apresentar valores nulos.

De acordo com Carvalho e Bayer (2008), este problema pode ocorrer com os produtos do SRTM em virtude de que, em algumas áreas, “...as condições geográficas não são favoráveis à aquisição de dados...” como em áreas de grande inclinação ou muito planas (p. 36).

Tanto para o mapa clinográfico quanto para o hipsométrico, foi utilizada a sequência de cores do círculo psicrométrico (NUNES et al, 2010). Em virtude de uma inconsistência de dados areais percebida, o mapa hipsométrico foi calculado no programa Spring, enquanto todos os outros foram assim analisados no programa ArcGis.

h) Geração de imagem sombreada do SRTM

A geração desta imagem teve por objetivo facilitar a identificação da rugosidade do relevo, que por sua vez está relacionada às unidades geológicas, às unidades de relevo e à drenagem da área de estudo, permitindo uma visualização mais integrada do espaço tridimensional (Figura 4).

A imagem do SRTM, no formato de uma grade regular, originalmente na resolução espacial de 90m e reamostrada para uma resolução espacial de 30m, foi interpolada através da técnica SPLine no programa ArcGIS 9.3.1, licença n. 37145844.

Esta técnica foi utilizada para gerar outra imagem sombreada em escala de cinza na resolução espacial de 5m, em virtude da necessidade de melhorar a qualidade dos dados.

Os parâmetros utilizados de azimute e elevação foram os definidos em default, ou seja, azimute de 315, elevação de 45°; optou-se por utilizar o exagero de 12 vezes, para realçar a rugosidade do relevo, considerando a baixa amplitude altimétrica da área de estudo.



Figura 4 – Imagem sombreada em níveis de cinza gerada a partir do SRTM
Fonte: Miranda e Coutinho, 2004.

i) Geração da imagem sintética de composição colorida (RGB) e sombreada do SRTM

Após a geração da imagem sombreada do SRTM, foi realizada uma sobreposição desta imagem com transparência à imagem do SRTM com rampa de cores, utilizando para isto, a sequência do círculo psicrométrico (NUNES et al, 2010). A distribuição das cores deu-se de forma automática, a partir da amplitude altimétrica da área de estudo.

Nesta perspectiva foi gerada uma imagem 2D de composição colorida (RGB) e sombreada do SRTM com efeito de 3D, sendo a primeira camada, o SRTM com rampa de cor e transparência e a segunda com o relevo sombreado sólido.

Esta imagem também foi gerada no programa ArcGIS 9.3.1., apresentando uma resolução espacial de 5 m e exagero de 12 vezes. Tais características foram fundamentais para facilitar a identificação dos compartimentos do relevo dissecado, representado no mapa geomorfológico da área de estudo.

j) Análise e interpretação das imagens de satélite Landsat TM5

Segundo Florenzano (2008b), os mapas geomorfológicos do 1° ao 3° táxon devem ser elaborados a partir de dados de sensores remotos disponíveis, dentre eles o Landsat e da interpretação das imagens.

Assim, duas imagens de satélite foram utilizadas objetivando reconhecer as unidades de relevo da Ilha do Maranhão, a saber, as imagens Landsat TM 5, órbita/ponto 220-62, de 20/06/1984 e de 10/09/2008, bandas 3, 4, 5 referentes às bandas espectrais do vermelho, infra-vermelho próximo e infra-vermelho médio, com 30 metros de resolução espacial.

Essas imagens foram importadas para o banco de dados e associadas aos canais 3, 4 e 5, sendo submetidas ao aumento linear de contraste e agrupadas na composição colorida normal das bandas do visível, TM5 (R), TM4 (G) e TM3 (B), criando-se uma imagem sintética.

Para a interpretação visual das imagens, definiu-se a escala da imagem em 1:60.000 e o contraste. A interpretação foi realizada via tela e foram utilizadas as chaves ou elementos de interpretação como a tonalidade, o tamanho do objeto, a forma, as sombras, a textura, o padrão e a localização de um objeto em relação a outros, sem uso da estereoscopia (JENSEN, 2009; NUNES et al, 2010).

Além disto, e segundo Jensen (op.cit.), foram utilizadas informações colaterais, também chamadas de anteriores ou auxiliares, levando-se em conta a aplicação da convergência de evidências e do conceito de multi, na análise das imagens.

A informação colateral está relacionada aos diversos dados existentes sobre a área e sobre o objeto de estudo, para facilitar a superposição e sua análise, gerando um material cartográfico de maior confiabilidade.

Convergência de evidências significa iniciar o trabalho a partir do conhecido em direção ao desconhecido, convergindo as evidências para identificar o processo ou objeto de estudo (JENSEN, 2009).

O conceito multi está relacionado aos tipos de análise das imagens, ou seja, multiespectral, multidisciplinar, multiescalar e multitemporal, que é o uso de medidas feitas em múltiplos intervalos de comprimento de onda do espectro magnético, ou seja, diversas bandas.

A visão multidisciplinar aplica-se ao conjunto integrado de sistemas naturais físicos, o qual consiste em o “mundo real”, requerendo, portanto uma análise mais abrangente do objeto de estudo (JENSEN, 2009).

O imageamento em multiescalas enriquece o trabalho do intérprete, o que inclui a investigação no campo, sendo este, fundamental para calibrar as informações extraídas dos sensores orbitais.

A obtenção de mais de uma imagem de um determinado objeto em tempos diferentes, multitemporal, permite, muitas vezes, entender os processos envolvidos na área de estudo.

A imagem de 1984 foi registrada no momento da maré alta e a de 2008, da maré baixa. Sabendo que a área de estudo está situada na porção costeira do Nordeste brasileiro, optou-se por analisar visualmente as duas imagens, uma vez que as morfologias costeiras são fundamentalmente alteradas neste aspecto em função da ocorrência e grande amplitude de marés na Ilha do Maranhão.

O mapa de geomorfologia apresentado neste documento apresenta a interpretação visual da imagem Landsat de 2008, já que as planícies de maré revelam maior extensão, considerando o momento de registro da imagem quanto ao nível das marés.

As feições do relevo foram armazenadas na categoria temática Relevo 2008, em PIs (Planos de Informação) distintos, sendo um para cada tipo de morfologia.

k) Elaboração do mapa das bacias hidrográficas

A identificação dos cursos de água lóticos e lênticos da área de estudo foi feita a partir da análise visual da imagem de satélite Landsat-5 de 2008, com uso das chaves de interpretação via tela, da imagem do Google Earth versão 6.0.3.2197 de 2007 e das cartas planialtimétricas digitais da DSG, folha Alcântara SA.23-Z-A-II e folha São Luís, SA.23-Z-A-V, escala de 1:100.000.

A partir da elaboração da imagem sombreada do SRTM e da sintética de composição colorida (RGB) e sombreada do SRTM, observou-se que a variação da rugosidade da área está relacionada às bacias de drenagens.

Assim, optou-se por elaborar um mapa das bacias hidrográficas, com o objetivo de analisar a drenagem sob o aspecto morfométrico. Este mapa foi elaborado com base nos cursos de água já digitalizados, nas curvas de nível e na grade regular, gerados a partir do MDE do SRTM, reamostrados para uma resolução espacial de 30m, utilizando-se o interpolador bicúbico.

Neste sentido, foi realizada a delimitação de 34 bacias da Ilha do Maranhão, desde a foz em direção às nascentes definindo o traçado dos divisores da drenagem cuja linha de contorno estabelece os limites de cada bacia.

Em função da escala de mapeamento adotada para o mapa geomorfológico (1:60.000) e da complexidade da drenagem, por se tratar de um sistema estuarino, as áreas caracterizadas por apenas um curso d'água não foram delimitadas individualmente como bacias, mas classificadas como *Complexo de Bacias Costeiras*.

Esta unidade incluiu todas as pequenas drenagens costeiras ocorrentes na Ilha do Maranhão, como também toda a drenagem da ilha de Curupu que deságua diretamente nas baías de São Marcos e de São José.

O mapa das bacias hidrográficas viabilizou a realização da análise morfométrica da drenagem da área, da matriz de dissecação do relevo, do mapa de dissecação das morfologias e geomorfológico.

1) Elaboração dos perfis topográficos transversais

A Ilha do Maranhão apresenta uma dimensão areal significativa e por isto, a seleção de áreas representativas das morfologias foi considerada como viável; assim, a visita de campo nestas áreas favoreceu um melhor entendimento das morfologias relacionadas ao terceiro nível taxonômico.

Nesta perspectiva, foram traçados 2 perfis topográficos transversais no sentido NO-SE e SO-NE, a partir do MDE do SRTM (NASA, 2006) no programa Global Mapper 11.00 (Figuras 5 e 6).

Com base nesses perfis, foram selecionados 10 (dez) pontos de cada perfil topográfico para realização dos trabalhos de campo, totalizando 20 (vinte) pontos amostrais.

As coordenadas geográficas de cada ponto foram registradas no programa Google Earth e, juntamente com o mapa impresso das unidades de relevo da área de estudo, partiu-se para os trabalhos de campo.

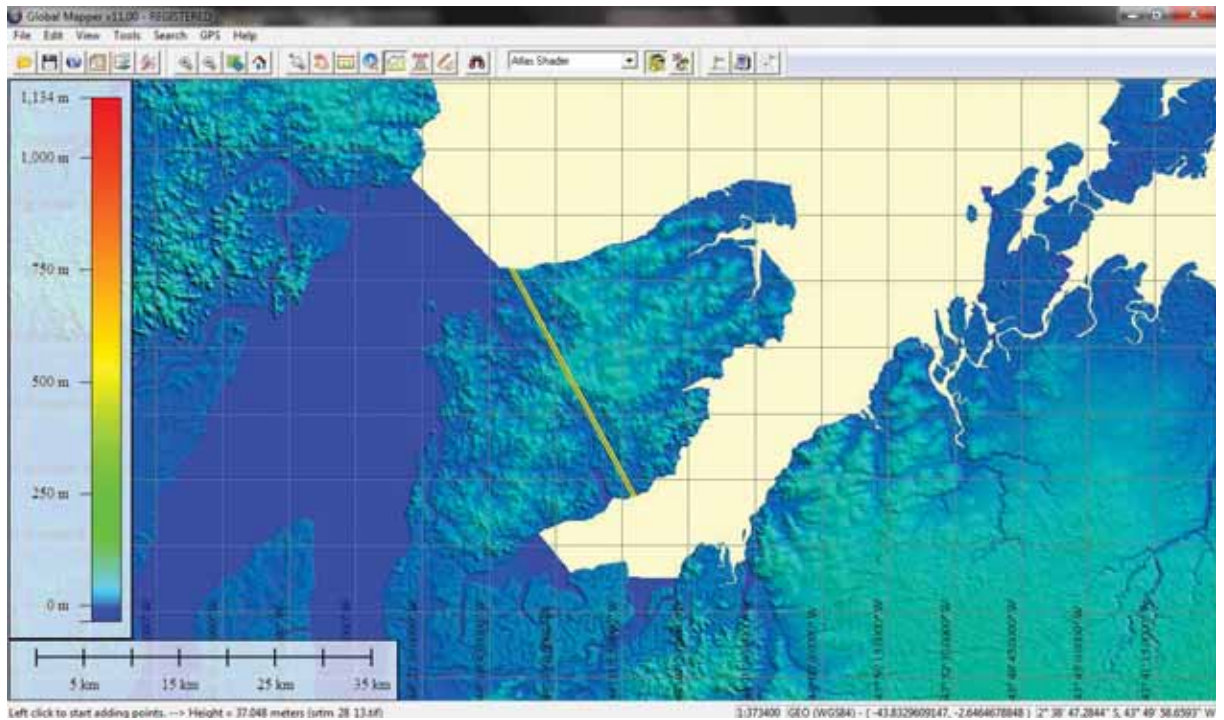


Figura 5 – Traçado do perfil topográfico transversal AB
 Fonte – Imagem do SRTM visualizada no Global Mapper 11.00.

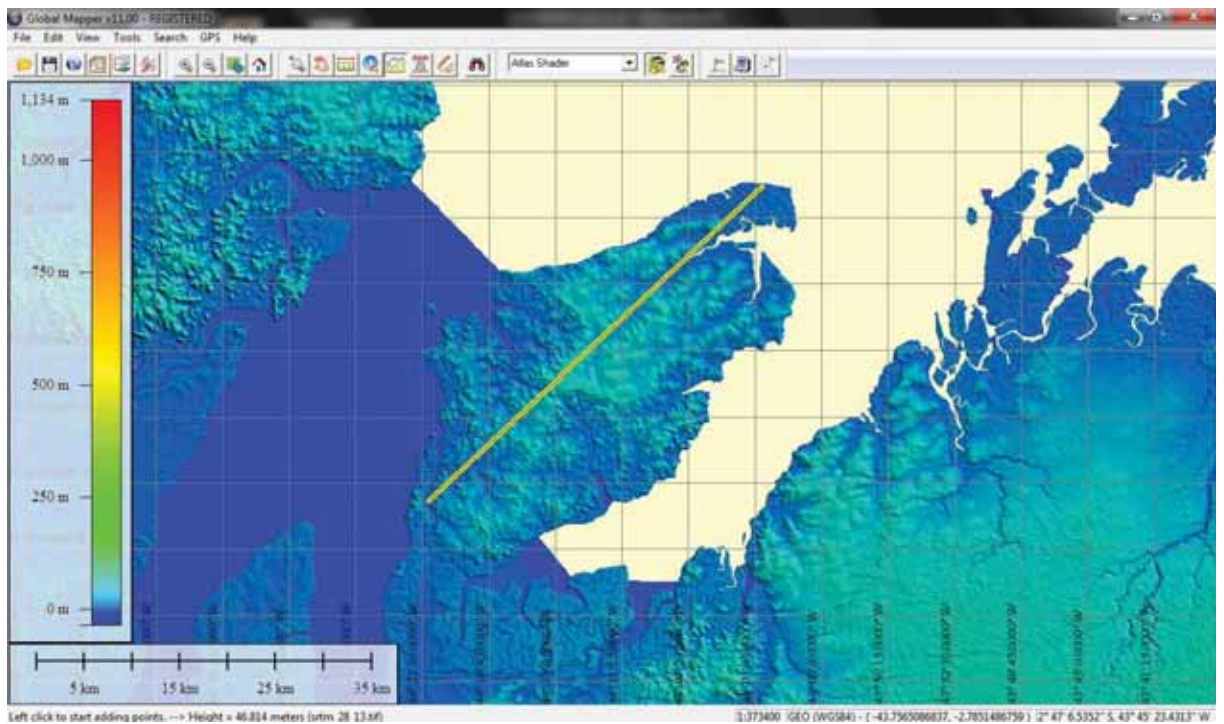


Figura 6 – Traçado do perfil topográfico transversal CD
 Fonte – Imagem do SRTM visualizada no Global Mapper 11.00.

Em virtude da dificuldade de acesso para o ponto teórico 10 do perfil topográfico AB e da variedade de morfologias ocorrentes na Ponta de Guarapiranga, localizada à leste do ponto teórico 10, optou-se por caracterizar esta área em questão. Todos os pontos descritos

neste trabalho, dos perfis AB e CD foram caracterizados a partir do preenchimento da ficha de campo e estão representados no mapa geomorfológico.

m) Elaboração da ficha de campo

A ficha de campo objetivou caracterizar e analisar as morfologias ocorrentes nos pontos amostrais selecionados através dos dois perfis topográficos com base na análise taxonômica do relevo (Apêndice A).

Tem-se, na ficha, a possibilidade de descrever as paisagens geomorfológicas com dados das unidades taxonômicas, da rede de drenagem, tipos de modelados e feições de detalhe relacionadas aos modelados e aos processos dominantes da área de estudo.

Destaca-se que os itens listados na ficha estão relacionados, em geral, às morfologias ocorrentes na Ilha do Maranhão e este instrumento de pesquisa foi elaborado com base na ficha de campo do IBGE (2009), com as alterações que se fizeram necessárias.

n) Realização dos trabalhos de campo

Os trabalhos de campo realizaram-se em duas etapas: a primeira, no segundo semestre de 2010, nos meses de setembro, outubro e novembro e a segunda, nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2011 até janeiro de 2012.

Na primeira etapa, e para a identificação das características morfológicas de cada ponto amostral selecionado, a partir da definição dos dois perfis topográficos transversais, foram utilizados o mapa geomorfológico, com a identificação das unidades de agradação e dissecação, sem a delimitação das áreas com diferentes intensidades de dissecação, além de uma máquina fotográfica digital Nikon para o registro fotográfico, bem como um GPS Garmin Etrex para o registro das altitudes e coordenadas geográficas e as fichas de campo.

Cuidou-se para que, em cada ponto, as morfologias fossem analisadas e descritas através do preenchimento das fichas de campo e registradas através de fotografias. Posteriormente as unidades de relevo identificadas no mapa foram reavaliadas para um possível ajuste.

Na segunda etapa e com base nos mapas temáticos elaborados nos anos de 2011 e 2012, os trabalhos de campo objetivaram dirimir dúvidas sobre as unidades geológicas e geomorfológicas ocorrentes na área de estudo, caracterizar perfis de solos e compreender a

inter-relação entre os componentes do quadro geoambiental da Ilha do Maranhão e da ilha de Curupu.

o) Levantamento de dados morfométricos das bacias de drenagem

Esta etapa foi realizada com base na delimitação das bacias hidrográficas, utilizando as propostas de Villela e Mattos (1975), Christofolletti (1980), Antoneli e Thomaz (2007) e Pereira e Tavares Júnior (2007).

Destaca-se que apenas as bacias delimitadas da Ilha do Maranhão foram estudadas sob o ponto de vista morfométrico, em virtude da complexidade da drenagem presente no sistema estuarino da ilha de Curupu.

Com base nos dados já existentes, fruto de análises das imagens orbitais e de radar, optou-se por utilizar os seguintes parâmetros, considerados significativos para os objetivos do trabalho em questão: área (A), perímetro (P), densidade de drenagem (Dd), índice de sinuosidade (Is), índice de circularidade (Ic) e fator de forma (Kf). Todos os cálculos foram realizados numa planilha do Programa Excel 2007.

Os dados de área (km²), do perímetro (km), do comprimento verdadeiro de cada canal principal (Lv), do comprimento em linha reta de cada canal principal (Lr), do comprimento total dos canais (Lt) e do comprimento de cada bacia (L) foram extraídos do Programa Spring a partir da delimitação das bacias hidrográficas. Estes dados foram inseridos numa planilha do Programa Excel 2007, objetivando gerar os outros dados necessários para a análise morfométrica.

Para realizar o cálculo da Densidade de drenagem (Dd), dada em km/km², utilizou-se a proposta de Christofolletti (1980) através da seguinte equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}, \quad \text{onde,}$$

Lt = comprimento total dos canais; e

A = área da bacia.

Para gerar os dados de amplitude altimétrica (dissecação vertical) foi calculada a diferença de altimetria do ponto de interseção entre o talvegue dos canais no médio curso e uma curva de nível até o divisor de águas mais próximo em ambas as vertentes.

Posteriormente foi calculada a média da amplitude altimétrica das duas vertentes nos canais de terceira ordem¹⁵ de todas as bacias hidrográficas delimitadas da área de estudo (Figura 7).

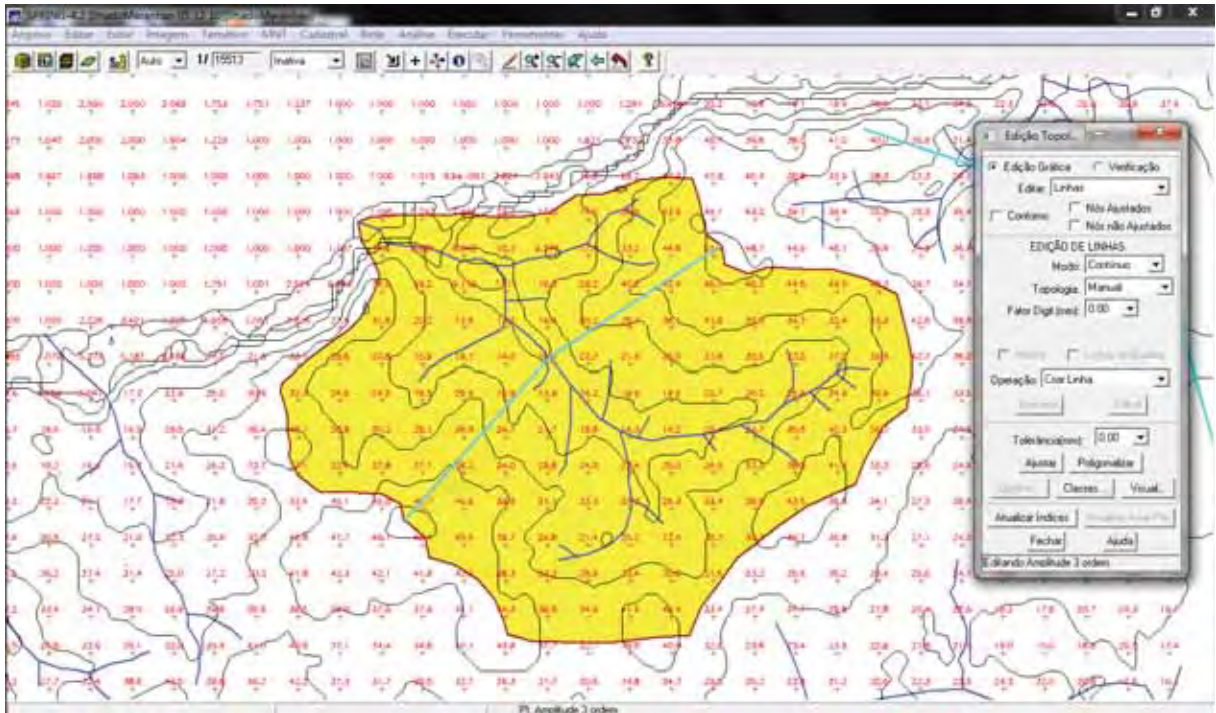


Figura 7 – Exemplo do critério adotado para o cálculo da amplitude altimétrica

Seguindo esses critérios, foi possível calcular a amplitude altimétrica em mais de um par de transectos nas bacias do Jeniparana, Tibiri, Cachorros, Arapari, Riacho, Bacanga e Anil, enquanto que, em outras bacias, não foi possível realizar o cálculo, uma vez que estas não apresentam canais de terceira ordem, ou quando apresentam, estes se encontram no baixo curso, ou não interceptam uma curva de nível (Figura 8).

¹⁵ Conforme a proposta de Strahler (CHRISTOFOLETTI, 1980), os menores canais sem tributários são classificados de primeira ordem estendendo-se até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois ou mais canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem; os de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores e assim sucessivamente.

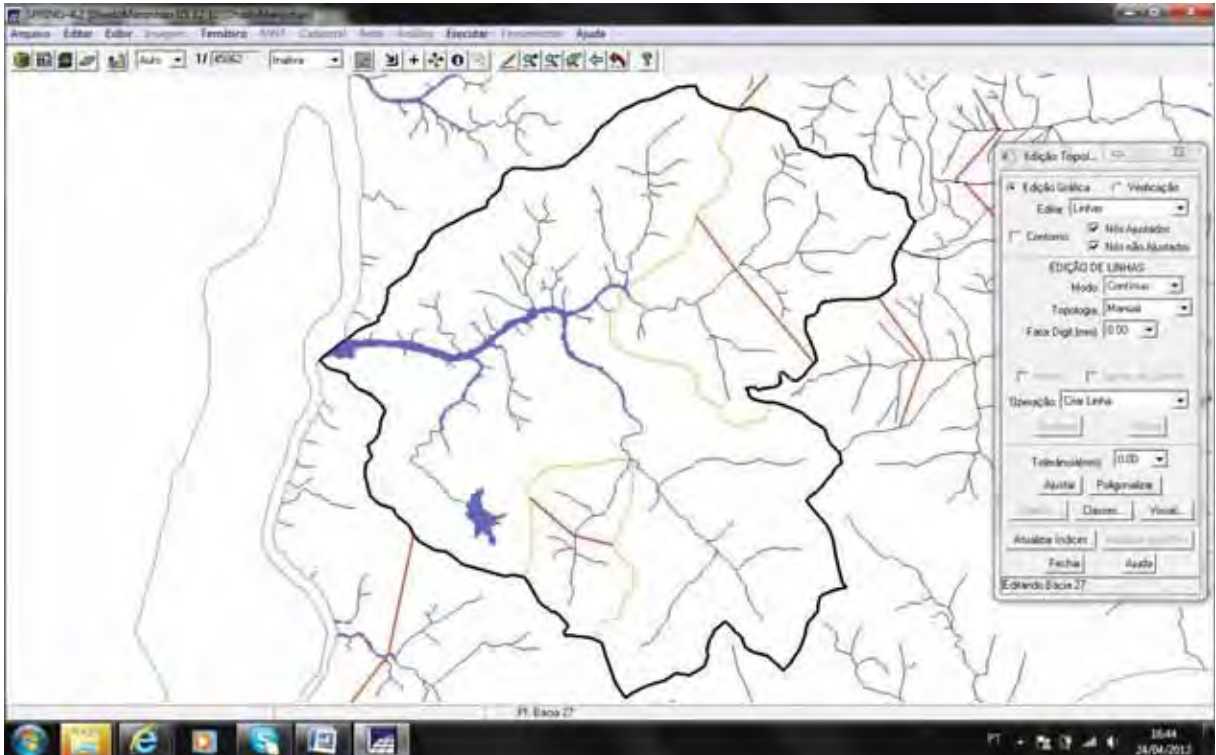


Figura 8 – Exemplo de uma bacia hidrográfica com mais de um par de transectos para o cálculo de amplitude altimétrica – bacia do rio dos Cachorros

Nesta perspectiva, tem-se um total de 48 dados de amplitude altimétrica nas 34 bacias delimitadas. Deste total, não foi possível calcular este índice em 20 bacias/microbacias pelos motivos anteriormente expostos. Para fins de classificação, estas áreas não calculadas foram consideradas, neste trabalho, como de muito baixa amplitude altimétrica, ou seja, na classe 1.

O índice de sinuosidade (I_s) foi calculado, conforme Antoneli e Thomaz (2007) a partir da equação:

$$I_s = \frac{L_v}{L_r}, \text{ onde:}$$

L_v = comprimento verdadeiro do canal principal (km);

L_r = comprimento em linha reta do canal principal.

Para a classificação dos canais quanto à sinuosidade, utilizou-se a proposta de Dury (1966), citado por Christofolletti (1980), ou seja, os canais com I_s igual ou superior a 1,5 (adimensional) são considerados meandrantos, enquanto que os canais com I_s menor que 1,5 são classificados como retos.

O índice de circularidade (I_c) é adimensional e foi proposto inicialmente por Müller (1953) e Schumm (1956)¹⁶. Este parâmetro foi calculado a partir da equação a seguir:

$$I_c = \frac{12,57 \times A}{P^2}, \text{ onde:}$$

P = perímetro.

Segundo a literatura especializada, no índice de circularidade (I_c), quanto mais próximo o resultado for da unidade (1), mais circular será a bacia de drenagem e, conseqüentemente, a bacia será mais suscetível às enchentes.

O fator de forma (K_f) foi calculado a partir da relação entre a área da bacia e o seu comprimento, seguindo o curso de água mais longo, "...desde a desembocadura até a cabeceira mais distante na bacia" (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 14). Assim, utilizou-se a equação:

$$K_f = \frac{A}{L^2}, \text{ onde:}$$

L = comprimento da bacia em km

p) Realização da análise estatística

Os parâmetros morfométricos relacionados à área (A) das bacias hidrográficas, perímetro (P), densidade de drenagem (Dd), índice de sinuosidade (Is), índice de circularidade (I_c) e fator de forma (K_f) foram analisados estatisticamente no programa Excel 2007, com o objetivo de gerar uma classificação coerente com às características locais.

Os dados referentes à densidade de drenagem e amplitude altimétrica foram examinados e, após a análise estatística, geraram os intervalos das classes para a elaboração da matriz de dissecação do relevo na área objeto de estudo.

¹⁶ Citados por Antoneli e Thomaz (2007).

Para cada parâmetro analisado, foi elaborada uma tabela contendo dados ordenados de forma crescente, a fim de identificar o menor e maior número da amostra, objetivando calcular a amplitude da amostra, a partir da diferença entre estes números e também para calcular o intervalo de classes, através da fórmula:

$$h = A/K, \text{ onde,}$$

h – intervalo das classes;

A – amplitude da amostra;

K – número de classes.

Especificamente sobre a densidade de drenagem e amplitude altimétrica e, a partir da identificação do menor e maior número do rol (amplitude da amostra), tendo optado por seguir a orientação de Ross e Fiers (2005) quanto ao número de classes, ou seja, 5 (cinco), foi possível identificar o intervalo das classes, os limites de cada classe e a classificação de cada bacia de drenagem (Quadros 1 e 2).

Quadro 1 - Classes de densidade de drenagem

Densidade de drenagem (km/km²)	Classificação
0,59 a 0,98	Muito baixa
0,99 a 1,36	Baixa
1,37 a 1,75	Média
1,76 a 2,14	Alta
2,15 a 2,53	Muito alta

Fonte - Florenzano (1975), com adaptações relacionadas às características da área de estudo

Quanto ao índice de circularidade (Ic) foi adotada a classificação sugerida por Antoneli e Thomaz (2007), apresentada no Quadro 3. Entretanto, na Ilha do Maranhão, não há bacias com índice de circularidade intermediário e, por esta razão, só foram espacializadas as outras duas classes.

Não foi encontrada na literatura específica uma proposta de classificação de valores para o fator de forma (Kf). Assim, optou-se por elaborar uma proposta, a partir dos

dados da área de estudo, considerando que a bibliografia especializada para o índice de circularidade.

Quadro 2 - Classes da amplitude altimétrica

Amplitude altimétrica (m)	Classificação
15 a 20,39	Muito baixa
20,40 a 25,78	Baixa
25,79 a 31,17	Média
31,18 a 36,56	Alta
36,57 a 41,95	Muito alta

Fonte - Florenzano (1975), com adaptações relacionadas às características da área de estudo

Quadro 3 - Classes do índice de circularidade - Ic

Índice de Circularidade (adimensional)	Classificação
0,36 – 0,50	Forma alongada
0,51 – 0,75	Forma intermediária
0,76 a 1,00	Forma circular

Fonte – Antoneli e Thomaz, 2007, com as adaptações necessárias.

Neste sentido, foi possível identificar o intervalo das classes, os limites de cada classe e a classificação de cada bacia de drenagem (Quadros 4).

Quadro 4 - Classes do fator de forma - Kf

Fator de Forma (adimensional)	Classificação
0,02 – 0,50	Forma alongada
0,51 – 0,75	Forma intermediária
0,76 a 1,00	Forma circular

- q) Elaboração dos mapas de compartimentação das bacias hidrográficas considerando índices morfométricos

A partir da análise estatística, foram elaborados os mapas temáticos de compartimentação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão quanto à dimensão areal, ao índice de circularidade, ao fator forma, densidade de drenagem e amplitude altimétrica.

O mapa de dimensão areal apresenta a classificação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão em 3 classes: pequena, apresentando dimensão inferior a 10 km², média, com dimensão entre 10,01 a 100 km² e grande, com área superior à 100,01 km². Esta classificação foi idealizada a partir dos dados locais.

Os mapas com os índices de circularidade e fator de forma apresentam, cada um, três classes relacionadas às bacias consideradas alongadas, intermediárias e circulares, conforme a literatura especializada e os dados calculados através do software utilizado.

Todos os mapas foram elaborados no Programa Spring 4.2, posteriormente exportados em formato Shapefile, e finalizados, quanto ao layout, no Programa ArcGIS 9.3.1, licença n. 37145844.

- r) Elaboração da matriz de dissecação do relevo

Para a elaboração da matriz em questão, Ross (1992 e 2006) sugere que seja calculado o grau de entalhamento dos vales - dissecação vertical; e da dimensão interfluvial - dissecação horizontal.

No caso da dissecação vertical, realizou-se o cálculo sugerido pelo autor supracitado, utilizando o termo proposto por Florenzano (2008a), isto é, amplitudes altimétricas.

Quanto à dimensão interfluvial, percebeu-se a dificuldade de calcular este índice, devido ao padrão geral da drenagem da Ilha do Maranhão, ou seja, radial centrífuga, com poucos canais paralelos entre si, sendo esta disposição dos canais (paralelismo), um dos critérios utilizados para calcular a dimensão interfluvial.

Nesta perspectiva e considerando que a rugosidade do relevo da ilha está intrinsecamente relacionada à distribuição e modelagem das bacias hidrográficas¹⁷, optou-se

¹⁷ Análise realizada a partir da observação visual da imagem sombreada do SRTM.

por calcular o índice de dissecação horizontal a partir da densidade de drenagem. Convém ressaltar que este procedimento é sugerido também por Florenzano (2008a).

Destaca-se aqui que a descrição do procedimento realizado para o cálculo de amplitude altimétrica e de densidade de drenagem foi detalhada no item “o” deste capítulo.

Conforme Ross e Fiers (2005) e para a elaboração da matriz de dissecação do relevo, os dados levantados foram distribuídos em 5 classes para cada índice selecionado; tal fato justifica a necessidade de realizarem-se cálculos estatísticos para a definição dos intervalos de cada classe.

Tanto para os dados de densidade de drenagem, quanto para amplitude altimétrica, as classes são: Muito baixa (classe 1), Baixa (classe 2), Média (classe 3), Alta (classe 4) e Muito alta (classe 5), do menor para o maior valor.

A partir da intersecção destes dois parâmetros, tem-se a identificação das áreas que apresentam muito baixa, baixa, média, forte e muito forte dissecação do relevo.

Estes dados foram espacializados no mapa de dissecação, detalhado no item a seguir e representados num quadro de correlações, no mapa geomorfológico.

s) Elaboração do mapa de dissecação do relevo

Os dados gerados a partir da matriz de dissecação do relevo no programa Excel 2007 viabilizaram a elaboração do mapa de dissecação das morfologias da área de estudo.

No Banco de Dados *IlhadoMaranhao*, Projeto *IlhadoMaranhao*, categoria temática *Relevo2008* foram criadas 5 classes temáticas espaciais, a saber: Muito baixa, Baixa, Média, Forte e Muito Forte, sendo as mesmas relacionadas à intensidade de dissecação, dentro do Modelo de Dados do Spring 4.2 e o PI (Plano de Informação) *Dissecação*.

Neste PI, as bacias hidrográficas anteriormente delimitadas foram classificadas conforme a intensidade de dissecação, gerando os dados espaciais necessários para um maior detalhamento das características morfológicas/morfográficas da área de estudo. As cores utilizadas para as classes seguem a sequência do círculo psicrométrico (NUNES et al, 2010).

t) Elaboração do mapa geomorfológico

A partir da análise visual das imagens de satélite Landsat 5, de 1984 e 2008, bandas 5, 4 e 3 e do estudo do mapa de geologia produzido por Maranhão (1998a) e das cartas geológicas da CPRM elaboradas por Rodrigues et al (1994) e Veiga Júnior (2000a), foi

iniciado o trabalho de mapeamento das morfologias ocorrentes na Ilha do Maranhão e de Curupu, no programa Spring.

Além da delimitação de cada unidade de relevo, decidiu-se criar outros planos de informação com a inserção de dados espaciais considerados fundamentais para o trabalho, como a drenagem e as estradas. Estas informações foram espacializadas a partir dos dados do satélite Landsat TM5 de 2008 e das cartas planialtimétricas digitais da DSG, folha Alcântara SA.23-Z-A-II e folha São Luís, SA.23-Z-A-V, escala de 1:100.000.

Com base na análise visual, na interpretação das duas imagens de satélite supracitadas (1984 e 2008) e nas características das morfologias ocorrentes na área, optou-se por elaborar o mapa geomorfológico a partir da imagem de 2008.

Isto ocorreu, devido ao fato de esta imagem ter sido registrada no período de baixamar. Neste sentido, a geoforma *planície de maré* apresenta-se mais extensa, podendo-se ainda observar a posição das falésias na borda dos tabuleiros e das praias e dos apicuns em relação às planícies de maré.

Para mapear o relevo da Ilha do Maranhão adotaram-se os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura desenvolvidos por Gerasimov e Mescherikov (1968) e aplicados por Ross (1992, 1994, 1996, 1997 e 2006), os quais consideram seis níveis taxonômicos diferentes.

Em virtude da escala adotada para este mapa, a saber, 1:60.000, a proposta metodológica de Ross foi aplicada parcialmente, uma vez que só foi possível representar cartograficamente os dados do 1º ao 4º nível taxonômico, a partir da organização do ambiente de trabalho.

Para a definição do 1º nível taxonômico recorreu-se à bibliografia especializada que trata das grandes estruturas geológicas ocorrentes no estado do Maranhão, ou seja, Petri e Fúlfaro (1983), Schobbenhaus (1984), Rodrigues et al (1994), Almeida (2000) e Veiga Júnior (2000b), além de outros autores que tratam deste assunto como Santos et al (2004) e Pereira (2006).

O segundo táxon foi definido a partir da leitura e análise dos seguintes autores: Ab' Saber (1960), Feitosa (1998), Santos et al (2004) e Pereira (2006).

Os dois próximos táxons foram estudados e definidos mediante consulta aos autores supracitados, interpretação das imagens orbitais e de radar, cálculos estatísticos e trabalhos de campo realizados.

As morfologias de dissecação e de acumulação foram estudadas e reconhecidas a partir do processo morfogenético responsável pela elaboração das mesmas, por meio da

análise do material bibliográfico e cartográfico estudado, da análise visual das imagens de satélite do Landsat de 2008, do SRTM de 2006, do Google Earth versão 6.0.3.2197 de 2007 e dos trabalhos de campo realizados.

Enquanto que as morfologias agradacionais foram identificadas através da análise visual das imagens do satélite Landsat TM 5 de 2008, os relevos denudacionais foram classificados a partir da imagem sintética de composição colorida (RGB) e sombreada do SRTM, do mapa hipsométrico gerado através da imagem do SRTM e das cartas planialtimétricas da DSG de 1980, escala de 1:100.000.

Destaca-se aqui, que a unidade geomorfológica *paleodunas*, na ilha de Curupu, está associada nas porções mais baixas e planas, às planícies lacustres. Na Ilha do Maranhão, as paleodunas foram representadas e associadas espacialmente às praias e dunas, porque, na escala adotada e nesta ilha, as paleodunas estão contíguas às dunas ativas.

Após os trabalhos de campo, as fichas de campo foram analisadas e o mapa geomorfológico passou por um processo de revisão, sendo realizadas alterações quanto aos planos de informação definidos no ambiente de trabalho do Spring.

A partir dos dados levantados sobre os níveis taxonômicos, e os mapas temáticos, a saber, geológico, de solos, clinográfico, hipsométrico, de densidade de drenagem e de amplitude altimétrica, foi elaborado um quadro de correlações, apresentado no mapa geomorfológico.

4 O QUADRO GEOAMBIENTAL DA ILHA DO MARANHÃO

Neste capítulo, objetivou-se apresentar uma análise geoambiental da área de estudo, a partir dos aspectos relacionados à gênese e evolução do Golfão Maranhense e da Ilha do Maranhão, da caracterização geológica, do clima, dos agentes oceanográficos, da drenagem, dos solos, bem como da ação humana.

A Ilha do Maranhão está situada na porção central do Golfão Maranhense. Este é a maior reentrância do litoral do Estado e localiza-se entre o Litoral Ocidental e o Oriental do Maranhão (Figura 9).

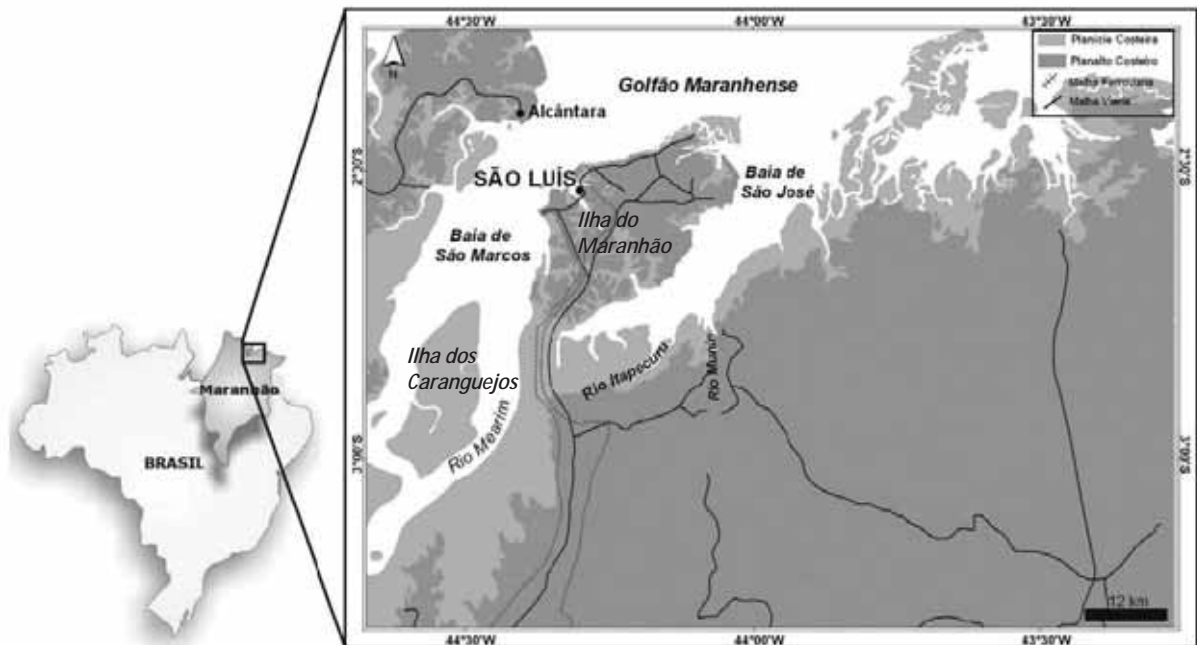


Figura 9 – Localização da Ilha do Maranhão no Golfão Maranhense
Fonte - Teixeira e Souza Filho, 2009, com adaptações.

Esse Golfão é um complexo sistema estuarino que contém baías, estuários e várias ilhas, dentre elas, a Ilha do Maranhão. Desembocam neste golfão dois grandes sistemas de drenagem que são o sistema Mearim-Pindaré-Grajaú, na baía de São Marcos e os rios Itapecuru e Munim, na baía de São José.

A baía de São Marcos... é uma vasta zona estuarina, com orientação NE-SW e cuja morfologia integra dois tipos contrastantes de costa; ao nordeste a costa é subretilínea, com formação de dunas e praias arenosas ...na costa norte da ilha do Maranhão...; a noroeste ao contrário, a costa é recortada por “falsas rias” ...colonizada por mangue. Esta vasta baía, amplamente aberta sobre a plataforma

continental tem 50 km na parte norte, 15 km na parte central (entre Alcântara e a Ponta de São Marcos), 25 km, ao nível da ilha dos Caranguejos e 4 km na foz do rio Mearim. As duas baías que constituem o Golfão maranhense têm ligação distinta com o mar aberto. A baía de São Marcos, a mais longa, é um estuário ativo, com um canal central bem desenvolvido e dominado por correntes de vazante, onde sucedem-se bancos arenosos, em série, desde a foz da baía, até dezenas de quilômetros para o interior. Na foz da baía de São José, ocorrem extremidades de esporões ou de bancos, assimétricos, com direção ENE-WSE, oblíqua à costa, separados por canais estreitos. Alguns bancos situados pouco mais a leste orientam-se paralelamente à linha de costa. Na baía de São José, não existe canal de maré desenvolvido como na baía de São Marcos. Em frente ao Golfão maranhense, a plataforma continental apresenta uma depressão, que é chamada de ‘depressão maranhense’ (EL-ROBRINI et al, 2006, p. 11 e 12).

Conforme Ab’Saber (1960), o Golfão Maranhense passou por mudanças fisionômicas, desde a sua gênese, relacionadas à mudanças do nível relativo do mar e aos processos tectônicos. Em síntese, houve o soerguimento da faixa litorânea, no Plioceno, implicando em superimposição da rede de drenagem e erosão da Formação Barreiras, seguido por um novo soerguimento com retomada de erosão e aprofundamento dos vales a um nível mais inferior.

No Pleistoceno, ocorreu uma regressão marinha, originando uma nova configuração das baías de São Marcos e São José, insulamento da Ilha do Maranhão e deixando como testemunho no continente, a planície marinha de Perizes.

No final da Época Pleistocênica, houveram um novo soerguimento de menor intensidade e uma moderada transgressão marinha, responsáveis pela redefinição da morfologia do Golfão Maranhense (op. cit).

Considerando o Holoceno, o setor leste do litoral brasileiro é o mais estudado quanto às mudanças dos níveis relativos do mar, seguido do litoral sul-rio-grandense, com a elaboração de curvas de variação do nível do mar nos últimos 6.000 A.P. (EL-ROBRINI et al, 2006; SUGUIO, 2010).

Apesar dos trabalhos de Souza Filho e El-Robrini (1997) apud Suguio (2010), Souza Filho (1995) apud Suguio (2010), Silva Júnior e El-Robrini (2001) desenvolvidos sobre a porção nordeste do Pará, Suguio (2010) defende que o litoral do Nordeste e do Norte é menos conhecido.

Assim sendo, e conforme as publicações desses autores, acredita-se que a subida do nível do mar, iniciada aproximadamente a 19.000 A.P., isto é, no final do Pleistoceno, alcançou “... o nível máximo durante a Transgressão Holocênica (5.100 anos A.P)...” (SILVA JÚNIOR e EL-ROBRINI, 2001, p. 112).

Posteriormente ocorreram pequenas mudanças quanto a este nível médio do mar, resultando nas morfologias atuais ocorrentes na porção nordeste do Pará, provavelmente abrangendo boa parte do litoral maranhense, inclusive o golfo em questão.

Quanto às características estruturais, o Golfão Maranhense está inserido na bacia costeira de São Luís (SCHOBENHAUS, 1984), que por sua vez, foi formada por rifteamento responsável pela fragmentação dos continentes americano e africano durante o Cretáceo (Eocretáceo - Albiano), isto é, aproximadamente entre 112 a 99 M.A. (Figura 10).

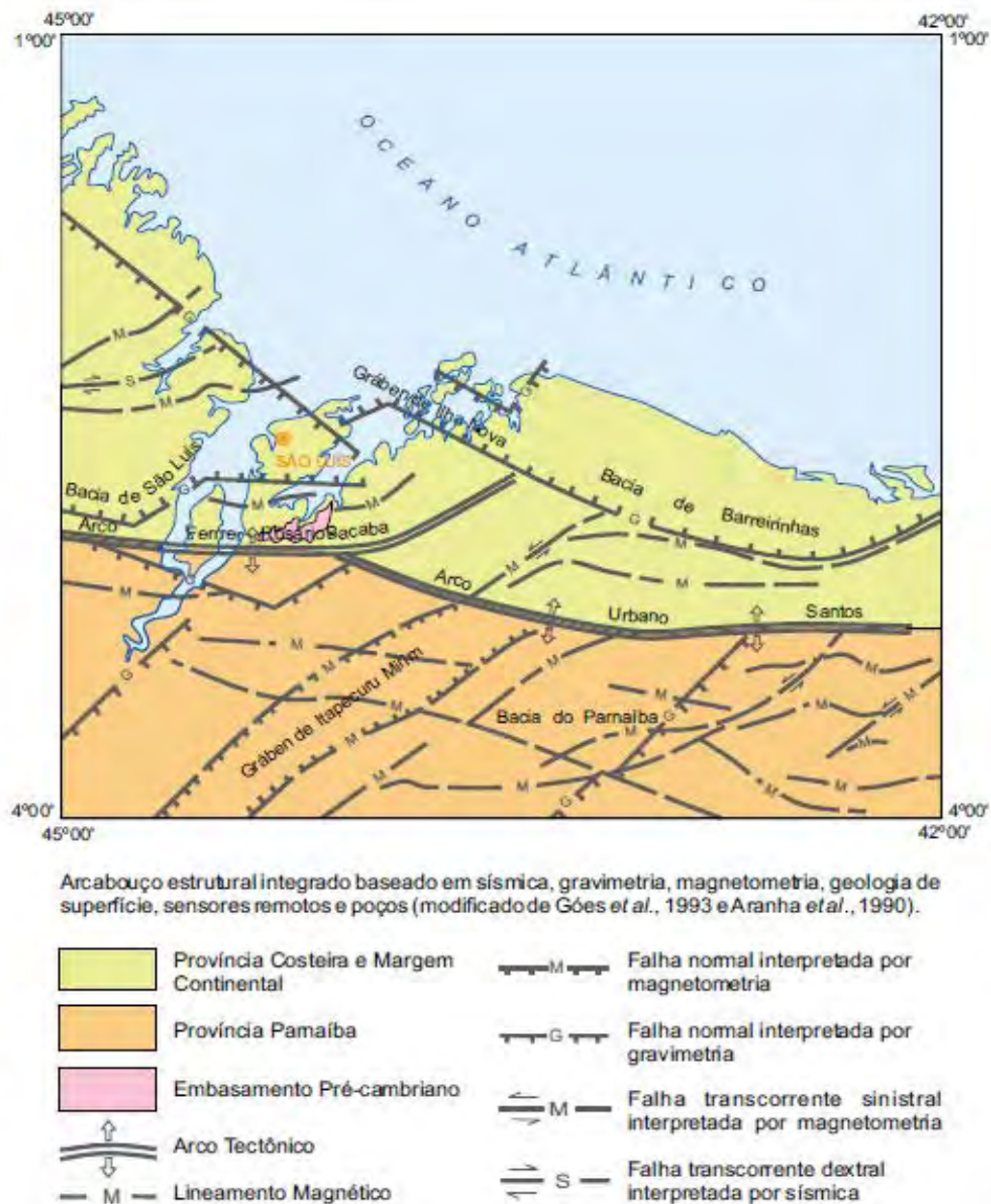


Figura 10 – Localização da bacia costeira de São Luís
Fonte – Veiga Júnior, 2000a.

4.1 Geologia

A bacia costeira de São Luís limita-se ao norte pela plataforma continental, ao sul pelos Altos Estruturais Arco Ferrer - Urbano Santos, dispostos aproximadamente E-W, a leste pelo *Horst* de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins (PEREIRA, 2006).

Para Carvalho (2000), a história deposicional pré-Cretácea da bacia costeira de São Luís está diretamente relacionada aos depósitos da bacia intracratônica do Parnaíba, em virtude da continuidade física ocorrente durante o Paleozóico.

Durante a abertura da margem atlântica na região equatorial do Brasil (Cretáceo Superior), a ação tectônica originou várias bacias do tipo rift. Ao mesmo tempo, o embasamento Pré-Cambriano no interior do continente foi soerguido, levando à divisão de regiões sedimentares, antes contínuas, em pequenas bacias. Desta forma teve origem a bacia de São Luís... (CARVALHO, 2000, p, 143).

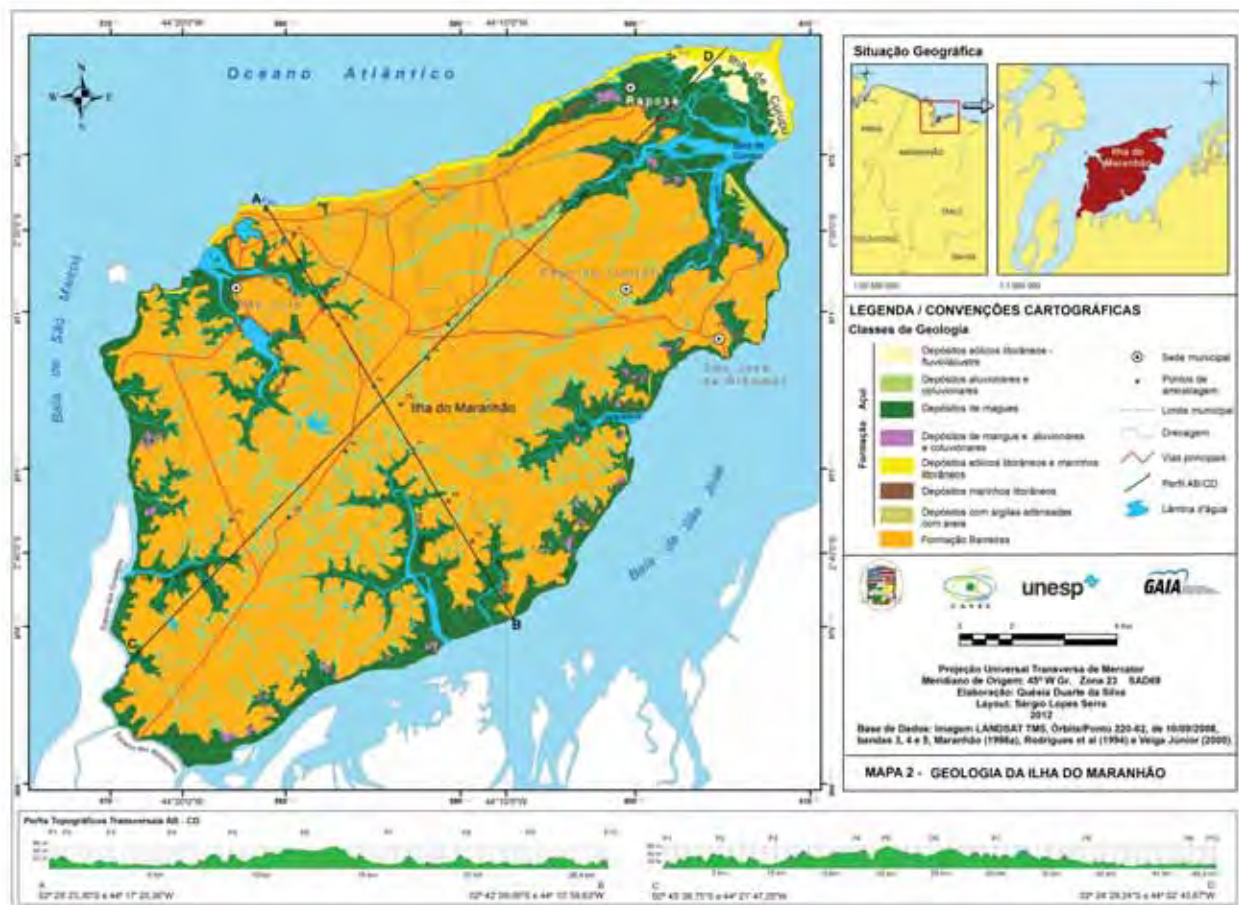
Segundo Rosseti (2006), a bacia costeira de São Luís é uma estrutura alongada na direção noroeste-sudeste, com processos tectônicos ativos em regime de falhas do Cretáceo até o Recente.

De acordo com Petri e Fúlfaro (1983), essa bacia foi geneticamente formada a partir de rebaixamento por falhamentos em degraus, produzindo estrutura em grabens.

Tendo uma área de aproximadamente 33.000 km², acredita-se que 4.500 metros de sedimentos foram acumulados na bacia em questão, sendo que destes, 2.500 m são do Mesozóico (Cretáceo) e 2.000 m, do Cenozóico, os quais estão sobre as rochas do embasamento cristalino relacionados ao Cráton de São Luís (RODRIGUES et al, 1994; ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000b).

Em relação à litoestratigrafia, a bacia costeira de São Luís apresenta as seguintes unidades (Mapa 2): Formação Itapecuru, Terciário Paleógeno, Formação Barreiras, Coberturas Lateríticas e Formação Açuí (RODRIGUES et al, 1994; ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000b; PEREIRA, 2006).

A Formação Itapecuru designa um conjunto de sedimentos representados por arenitos finos, siltitos e folhelhos. Ela pode ser subdividida, segundo Rodrigues et al (1994), em Membro Inferior Psamítico e Membro Superior Alcântara (Tabela 1).



O Membro Inferior Psamítico, caracterizado pela presença de arenitos finos a médios, quartzo com feldspato, caulinizado, mica, nódulos ferruginizados, estratificação plano-paralela e cruzada, apresenta idade entre 112 a 99 M.A., datada a partir de análises micropaleontológicas.

Constituídas por siltitos e folhelhos vermelhos, coesos, de laminação plano-paralela, intercalados com bancos tabulares a lenticulares de calcários creme-esbranquiçados, as rochas do Membro Alcântara demarcam o último evento do Cretáceo Superior na plataforma, entre 99 a 65 M.A., sendo esta idade baseada em amostras de pólenes dos folhelhos (RODRIGUES et al., 1994; PEREIRA, 2006).

Sobre este assunto, tem-se que,

o contato entre o Membro Psamítico e Membro Superior Alcântara ocorre através de discordância angular entre a seqüência arenosa e o pacote pelítico-carbonático. O Membro Psamítico repousa discordantemente sobre sedimentos do Mesozóico, Paleozóico e rochas do embasamento cristalino (PEREIRA, 2006, p. 66-67).

As rochas da Formação Itapecuru “... foram afetadas por processos de laterização, tendo-se desenvolvido um perfil pouco evoluído, de pequena espessura (3 a 4m), caracterizando uma cobertura detrítico-laterística” (ALMEIDA, 2000, p. 14).

Com base na literatura especializada, em trabalhos de campo, laboratório e de gabinete, Pereira (2006) afirma que a Formação Itapecuru na região da bacia hidrográfica do Bacanga, ocorre nas áreas topograficamente mais baixas, inferiores a 5 metros e é caracterizada pela presença de

arenitos finos e argilosos, avermelhados com manchas esbranquiçadas, homogêneos, com estratificação plano-paralela e cruzada, de baixo ângulo, e com estruturas convolutas... (PEREIRA, 2006, p. 93).

Para esta autora (op.cit.), a exposição desta formação na Ilha do Maranhão é muito restrita, ocorrendo na falésia da praia do Boqueirão, ao lado do Porto do Itaqui, na praia do São Francisco, na falésia do Bonfim e próximo à Barragem do Bacanga (Foto 1).

Nos poços profundos, a Formação Itapecuru é “... identificada a partir de 60 metros de profundidade em diante... e apresenta grande abrangência em nível regional” (PEREIRA, 2006, p. 93).

Em função desta pequena exposição da Formação Itapecuru e da escala adotada neste trabalho, esta unidade geológica não foi representada no mapa de geologia (Mapa 2).

Tabela 1 – Coluna estratigráfica da Bacia de São Luís

Era/Período		Unidades estratigráficas		Litologia	Formações Superficiais	Área (km ²)	%
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Formação Açuí	Areia fina a média, madura a submatura, com estratificação cruzada. Argila arenosa, maciça bioturbada.	QHa - Depósitos aluvionares e coluvionares	65,03	7,07
					QHfl - Depósitos fluviolacustres / QHe - Depósitos eólicos litorâneos	8,43	0,92
					QHm - Depósitos de mangues	201,44	21,90
					QHm - Depósitos de mangues / QHa - Depósitos aluvionares e coluvionares	5,33	0,58
					QHml - Depósitos marinhos litorâneos	4,07	0,44
					QHml - Depósitos marinhos litorâneos / QHe - Depósitos eólicos litorâneos	17,42	1,89
	Terciário	Neogeno	Formação Barreiras	Areia fina a média, com concentrações ferruginosas, imatura, intercalações argilosas cauliniticas.	NQI - Coberturas lateríticas	Não quantificada	
					ENb - Formação Barreiras	616,74	67,06
		Paleogeno	Paleogeno	Areia fina a silte, com bolas de argilito, submatura, conglomerados, estratificação ondulada e cruzada.	Ea - Paleogeno	Não quantificada	
Mesozóico	Cretáceo	Superior	Formação Itapecuru	Membro Alcântara		Não quantificada	
		Albiano		Membro Psamítico			

Fonte - Rodrigues et al (1994); Almeida (2000); Veiga Júnior, 2000b; Pereira (2006), com adaptações.

OBS.: Na escala do mapa 2 foi possível espacializar as formações geológicas do Barreiras e do Açuí.



Foto 1 – Manchas esbranquiçadas da Formação Itapecuru na base da falésia do Bonfim
Fonte – Pereira, 2006.

Todas as coberturas cenozóicas depositadas sobre a Formação Itapecuru Cretácea foram denominadas por Almeida (2000) de Formações Superficiais e abrangem os sedimentos do Terciário Paleógeno, da Formação Barreiras, das Coberturas Lateríticas e da Formação Aquí.

O Terciário Paleógeno está caracterizado pela presença de siltitos e argilitos de cores variegadas nos tons róseo-avermelhados e esbranquiçados, com intercalações de arenitos finos a médios, esbranquiçados e róseos (Foto 2).

Segundo Pereira (2006) estes sedimentos são pouco consolidados, muito laterizados e com pacotes caulínicos. Repousam de forma discordante e angular sobre o Membro Alcântara da Formação Itapecuru e são recobertos também de forma discordante, pela Formação Barreiras de maneira concordante e transicional.

Na Ilha do Maranhão, os sedimentos do Terciário Paleógeno afloram na porção noroeste, com espessuras de 15 a 20 metros e podem ser observados na região do Itaqui-Bacanga (Foto 3).

Estando presente ao longo de quase todo o litoral brasileiro, ou seja, do Amapá até o Rio de Janeiro, a Formação Barreiras é reconhecida por alguns autores, como tendo origem marinha como Rosseti (2005) e Arai (2006); e por outros, tendo uma gênese continental,

como Almeida (1976), Bezerra et al (1990), apud Maranhão (1998a), Almeida (2000), Veiga Júnior, 2000b e Suguio (2010).



Foto 2 – Argilitos arroxeados na base do afloramento do Terciário Paleógeno próximo à barragem do Bacanga
Fonte – Pereira, 2006.

A Formação Barreiras é caracterizada por sedimentos areno-argilosos de coloração róseo-avermelhada e ferruginizados, com siltitos maciços de cores variando de amarelo a ocre; são conglomeráticos e desorganizados, ocasionalmente (RODRIGUES et al, 1994; PEREIRA, 2006).

Na Ilha do Maranhão, apresenta-se com um perfil pouco evoluído ou imaturo, com sedimentos inconsolidados, argilosos, arenosos e com nódulos e blocos de concreções ferruginosas. Esses sedimentos afloram nas falésias, nas colinas, nas encostas e nos topos dos tabuleiros, com espessura máxima de 30 metros (PEREIRA, 2006), predominando na porção oeste e centro-sul da ilha (Tabela 1, Foto 4 e Mapa 2).

Foram distinguidas três fácies nesta formação, ou seja, conglomerática, arenosa e pelítica, de ambiente continental e com forte atuação do processo de laterização; a primeira fácies, conglomerática de canga laterítica ou petroplintita é a responsável pela manutenção atual dos tabuleiros na área de estudo (ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000b).



Foto 3 – Sedimentos do Terciário Paleógeno na área Itaqui-Bacanga
Fonte – Pereira, 2006.

Os depósitos da Formação Barreiras estão assentados sobre os sedimentos do Terciário Paleógeno e recobertos discordantemente pelos sedimentos quaternários pleistocênicos e holocênicos ao longo da Ilha do Maranhão (RODRIGUES et al, 1994).

As Coberturas Lateríticas são “depósitos neógenos indiferenciados” (BRAUN, 1971¹⁸) relacionados à todas as coberturas arenosas, argilosas e lateríticas que capeiam as superfícies terciárias.

Segundo Rodrigues et al (1994), Almeida (2000), Veiga Júnior, 2000b e Pereira (2006) essas são consideradas imaturas por apresentarem um perfil geológico simples, caracterizado por horizontes bem definidos, a saber, horizonte concrecionário ou ferruginoso (limonítico), horizonte mosqueado, horizonte pálido e rocha-mãe, do topo para a base.

¹⁸ Citado por Almeida, 2000.



Foto 4 – Formação Barreiras numa falésia próxima ao povoado de Cajueiro

Fonte – Silva, 2010.

Rodrigues et al (1994) afirma que os processos de lateritização no Golfão Maranhense foram iniciados no final do Cretáceo e início do Paleogeno, atuando sobre as rochas do embasamento cristalino e sedimentos cretácicos e terciários.

Na Ilha do Maranhão, conforme Almeida (2000) e Veiga Júnior, 2000b, as coberturas lateríticas estão expostas em duas áreas distintas: na porção centro-sul da ilha, especificamente na margem direita do igarapé do Sabino, afluente do rio Tibiri; e na porção norte da ilha, na margem direita do baixo curso do rio Anil (Mapa 2).

A Formação Açuí é composta de sedimentos arenosos inconsolidados e argilosos relacionados a diversos tipos de depósitos superficiais ocorrentes na Ilha do Maranhão e na de Curupu. Ela apresenta uma idade pleistocênica tardia e holocênica (RODRIGUES et al, 1994; ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000b).

Essas formações superficiais estão relacionadas, conforme Almeida (2000) e Veiga Júnior (2000b), aos depósitos de argilas adensadas com areias, fluviomarinhos, de mangues, marinhos litorâneos, eólicos litorâneos, aluvionares e coluvionares e fluviolacustres. Em algumas áreas, há ocorrência de duas dessas formações, como se pode observar na tabela 1.

Enquanto que as argilas adensadas com areias foram datadas como sendo pleistocênicas, as demais formações superficiais foram assinaladas como holocênicas (ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000b).

Na área de estudo, conforme a bibliografia utilizada, os depósitos quaternários pleistocênicos são caracterizados pela presença de argilas adensadas com areia fina

disseminada, maciça, bioturbadas, geradas por processos de suspensão e decantação com tração (op.cit).

Sendo um depósito resultante de fácies de assoreamento do Golfão Maranhense, ele foi identificado nas proximidades da praia de Panaquatira, no município de São José de Ribamar por Almeida (2000).

Os depósitos fluviomarinhos

formam as ilhas nos baixos cursos das principais drenagens e os terraços das margens das baías. Eles sofrem influência dos rios e das marés. São constituídos de areias finas, esbranquiçadas, quartzosas, texturalmente maduras. Segundo Rodrigues *et al.* (1994a), são originados por processos de tração subaquosa, caracterizada pela migração de dunas de acresção lateral; constituem fácies de canal e barras de canal (ALMEIDA, 2000, p. 22).

Segundo este autor, os depósitos de mangues, originados por processos de tração/suspensão subaquosa, são encontrados nas áreas sob influência das marés, na fácies de intermaré/submaré rasa, e são constituídos por lamas arenosas, plásticas, não adensadas, maciças e bioturbadas, recobertas por mangues (Foto 5).



Foto 5– Vista aérea dos depósitos de mangues na Laguna da Jansen
Fonte – Rio Branco, 2011.

Os depósitos fluviomarinhos e os de mangue ocorrem em toda a área objeto de estudo, notadamente na baía de Curupu, na baía de São Marcos e de São José e nos demais canais de maré presentes em toda a costa. Assim, e considerando o objetivo deste trabalho e a

escala adotada para o mapa de geologia, optou-se por agrupar estas duas formações superficiais numa única unidade, isto é, depósitos de mangues.

Os depósitos marinhos litorâneos se referem àqueles depósitos de areias presentes nas praias, sob a ação das ondas, marés e correntes litorâneas. São sedimentos quartzosos, esbranquiçados, bem selecionados, “... originados por processos de tração subaquosa...” (ALMEIDA, 2000, p. 22).

Estes sedimentos ocorrem em quase todas as praias da área objeto de estudo, notadamente nas porções norte e nordeste, onde há grande influência das ondas e correntes litorâneas (Foto 6 e Mapa 2).



Foto 6 – Vista aérea dos depósitos marinhos litorâneos na praia da Ponta d’Areia
Fonte – Rio Branco, 2010.

Os depósitos eólicos litorâneos são caracterizados pelas areias esbranquiçadas, de textura fina a média, bem selecionadas e com grãos arredondados, gerados através dos processos eólicos de tração, suspensão e saltação (ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000b).

Estes depósitos constituem a fácies de dunas das planícies costeiras e ocorrem nas porções norte e nordeste da área de estudo, predominantemente na ilha de Curupu (Foto 7).

Os depósitos aluvionares e coluvionares são sedimentos presentes ao longo dos vales dos rios. Os aluvionares são caracterizados pelas

“...areias médias, mal selecionadas, quartzosas, submaturas a maduras, apresentando intercalações de pelitos, formando os depósitos de canal, de barras de canal e da planície de inundação dos rios. Originam-se por processos de tração subaquosa; compreendendo fácies de canal e barras de canal fluvial” (ALMEIDA, 2000, p. 22).



Foto 7 – Vista dos depósitos eólicos litorâneos da praia de Carimã, ilha de Curupu
Fonte – Silva, 2010.

Pereira (2006) afirma que os depósitos aluvionares são compostos “... por sedimentos arenosos e argilosos, esbranquiçados, com seixos e grânulos dispersos de lateritas, mal selecionados, com espessura inferior a 5 metros...” (p. 83).

De acordo com Almeida (2000) e Veiga Júnior (2000b), os sedimentos coluvionares são compostos de material conglomerático oriundos de processos viscosos de detritos, sendo fácies de leques aluviais de enxurradas.

Na Ilha do Maranhão, conforme Pereira (2006), foram encontrados cones de dejeção relacionados aos depósitos coluvionares, ao longo do rio Bacanga e nos igarapés Coelho e Tapete, na bacia hidrográfica do Bacanga.

Segundo a autora, esta bacia apresenta morfologias alteradas em função da implantação do Terminal de Minério da Companhia Vale, da intensa urbanização e dos processos erosivos presentes na área, os quais deflagraram os processos coluvionares. Tal situação é comum em toda a área de estudo.

Os depósitos fluviolacustres estão relacionados aos sedimentos presentes nas porções interdunares e no interior da paleodunas da ilha de Curupu. Por ocasião do período chuvoso que está concentrado no primeiro semestre de cada ano, há um acúmulo de água pluvial nestes espaços mais rebaixados topograficamente, gerando depósitos de areias finas a médias, intercaladas de pelitos.

Quanto aos dados areais, pode-se afirmar que a Formação Barreiras é predominante, ocupando 67,06% do total da área de estudo. Por outro lado, os depósitos de argilas adensadas com areias abrangem apenas 0,13%, estando presentes na porção nordeste da Ilha do Maranhão, no município de Paço do Lumiar, próximo à praia de Panaquatira (Mapa 2 e Tabela 1).

4.2 Clima

A caracterização do clima de um lugar é fundamental para a compreensão das geoformas, uma vez que este atua direta e indiretamente sobre a superfície terrestre, esculpando as mais diversas morfologias.

Neste sentido e conforme Feitosa (1989), os elementos climáticos “...atuam em completa interação e encadeamento, variando em intensidade e complexidade...” (p. 111), apresentando, por isto, significativa importância na evolução das paisagens geomorfológicas.

O clima da Ilha do Maranhão e entorno é caracterizado por ser tropical chuvoso, com períodos secos no inverno (STRAHLER, 1960 apud PEREIRA, 2006); quente com chuvas de verão, isto é, Aw (KÖPPEN, 1918 apud MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007); e quente e úmido, com características equatoriais (ARAÚJO e SANT’ANNA NETO, 2002).

Conforme Nimer (1989), o regime sazonal climático da área de estudo é direcionado por dois principais sistemas atmosféricos, o de circulação perturbada de N e o de circulação perturbada de W. Estes sistemas são geradores de instabilidades e chuvas e a posição deles durante o ano, reflete as características do regime de chuvas na área.

A Zona de Convergência Intertropical também atua no regime climático da porção norte do Estado do Maranhão, uma vez que o movimento desta zona, nos sentidos N-S e S-N, gera mudanças nas temperaturas e precipitações.

Considerando o objetivo deste trabalho, as características climáticas regionais e os dados disponíveis, optou-se por utilizar 03 (três) parâmetros climáticos representativos das condições atmosféricas da área, isto é, temperatura, pluviosidade e ventos.

Conforme Silva (2001), a integração entre topografia, energia solar, latitude, maritimidade e continentalidade e os sistemas locais e regionais de circulação atmosférica, geram condições para que ocorram pequenas variações térmicas ao ano.

Neste sentido, pode-se afirmar que a temperatura média anual da área de estudo é de 26,9°C, sendo os meses de novembro e dezembro os mais quentes e os de fevereiro, março e julho, os mais frios (Figura 11), com destaque para este último mês, o qual é o último do período chuvoso e também coincidente com o inverno no hemisfério Sul (UFMA, 2009).

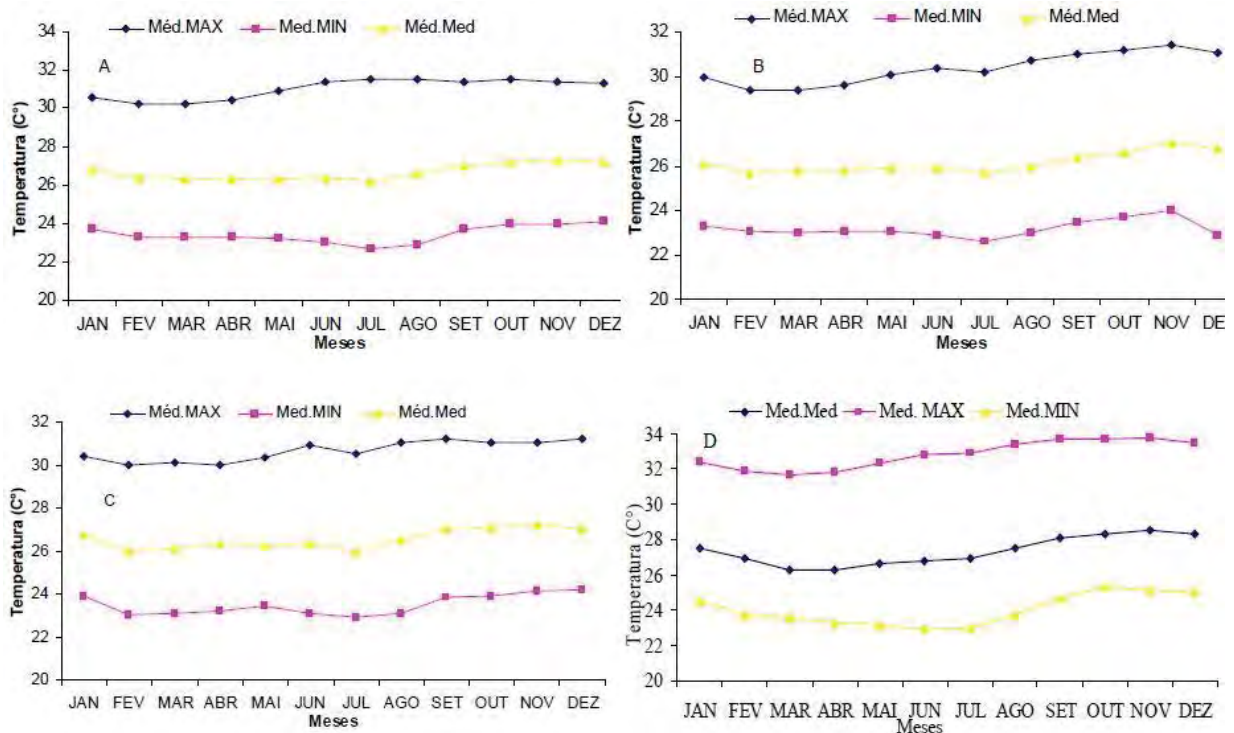


Figura 11 – Distribuição mensal das temperaturas médias, média das máximas e média das mínimas
A – período de 1931 a 1960; B – período de 1971-1990; C – período de 1990 a 1999; e D - 2002 a 2009
Fonte - UFMA, 2009.

Com quase nenhuma variação ao longo do ano, as temperaturas são uniformemente distribuídas ao longo do mesmo. Apenas tendo uma ligeira redução nas médias e máximas, fato explicado em função da maior nebulosidade e diminuição da radiação direta. Na realidade, as variações de temperatura mais significativas acontecem no decurso do dia e da noite, seguindo o movimento aparente do sol e a ocorrência de maior ou menor nebulosidade, acompanhadas ou não de precipitação.

A temperatura máxima absoluta registrada em São Luís foi de 34,8°C, no dia 17/11/1947, e a mínima foi de 17,9°C, no dia 26/03/1987. As temperaturas máximas nunca ultrapassaram os 35°C, e as mínimas raramente apresentam valores abaixo de 20°C (DNMET, 1992) (UFMA, 2009, p. 150).

Estas constantes e altas temperaturas no decorrer de todo o ano aceleram diretamente o intemperismo mecânico e atuam indiretamente no intemperismo químico através da ação da água.

Christofolletti (1980) afirma que a meteorização “...é a responsável pela produção de detritos a serem erodidos...”. (p. 27) e, desta forma, os sedimentos terciário-quaternários ocorrentes na Ilha do Maranhão e entorno vão sendo intemperizados química e fisicamente, e se tornando propícios aos diversos processos denudacionais.

Com relação à análise pluviométrica, e considerando a média de chuvas acumuladas durante o ano (2002 a 2009), que foi de, 2.325 mm, afirma-se que 68,7% do total das precipitações anuais, estão distribuídos no período de fevereiro a maio de cada ano, com um total acumulado de 1.596 mm e apresentando totais mensais de janeiro a julho, sempre superiores a 100 milímetros (Figura 12). Em geral, no mês de abril se concentra o maior índice pluviométrico, com um total médio acumulado de 472,6 mm (UFMA, 2009).

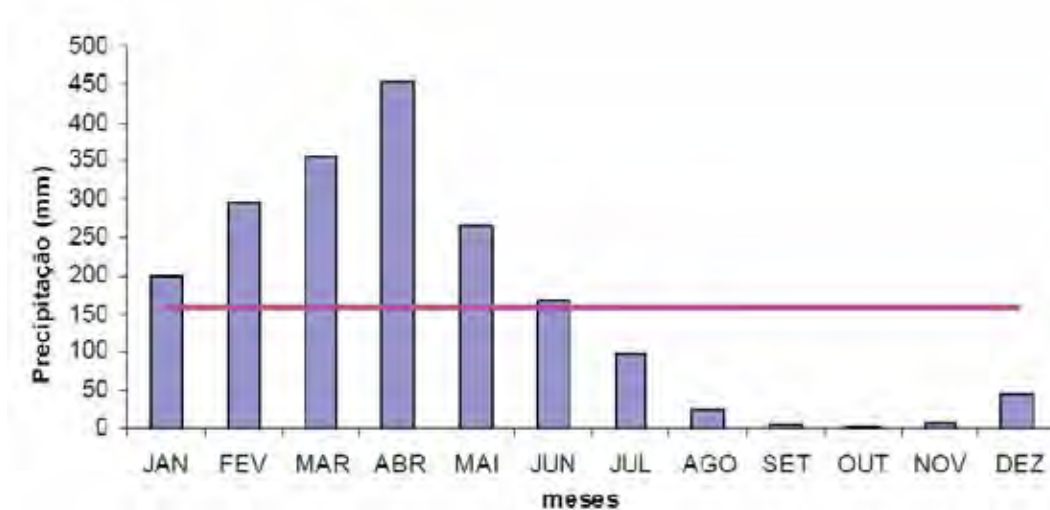


Figura 12 – Distribuição mensal da precipitação média na cidade de São Luís, 2002 a 2009

OBS: a linha rosada indica a média anual

Fonte – UFMA, 2009.

Essa distribuição define 2 (dois) períodos anuais distintos: o chuvoso, no primeiro semestre do ano e o período seco, no segundo semestre. O período chamado seco se estende entre os meses de agosto a dezembro, sendo que outubro e novembro, são os mais secos, “... com totais médios de 10,7 e 10,5 mm, respectivamente” (UFMA, 2009, p. 152).

De acordo com os dados de alturas máximas de chuvas em 24 horas, tem ocorrido nas últimas décadas em São Luís e imediações, uma maior incidência de chuvas de grande intensidade/hora ao longo do ano (Quadro 5).

Quadro 5 - Alturas máximas de chuva em 24 horas, em São Luís nos períodos de 1931- 1960, 1971-90, 1991-1999 e 2002-2009

Mês	Altura máxima (mm)	Data (dia/ano)	Altura máxima (mm)	Data (dia/ano)	Altura máxima (mm)	Data (dia/ano)	Altura máxima (mm)	Data (dia/ano)
Jan	82,4	22/44	139	19/85	100,4	05/92	79,5	23/2004
Fev	115,9	26,34	210	06/80	183,7	10,91	92,5	26/2004
Mar	161,4	26/39	159,9	28/75	154,3	13/93	133	12/2003
Abr	251,1	25/33	177,2	19/74	183,7	04/94	245	01/2005
Mai	114,6	25/35	109,7	04/88	102,5	02/93	71,6	02/2009
Jun	69,2	24/57	96,2	01/89	87,4	17/92	73,75	03/2005
Jul	80	07/31	85,1	01/90	98,9	21/98	82,5	08/2004
Ago	63,6	07/40	45,2	25/87	68,7	12/99	21,75	07/2004
Set	51,2	08/39	62,8	15/75	50,2	10,96	13,5	16/2003
Out	14,5	18/36	40	12/73	22,7	15/97	8,5	12/2002
Nov	54,2	28/47	56,2	08/89	51,3	10/93	19,75	19/2006
Dez	88,2	23/37	130,3	21/89	102,4	01/96	90,25	28/2005

Fonte - UFMA, 2009.

Em virtude da inter-relação entre precipitação e processos erosivos, foi calculado o índice de erosividade nos dois semestres distintamente para o município de São Luís e entorno.

Assim sendo e considerando os dados de precipitação utilizados, tem-se, no primeiro semestre, uma média regional de erosividade de 262,4 ton./ha e, no segundo, o valor é de 2,7 ton./ha, atestando o maior índice no período marcadamente chuvoso.

Conforme Christofletti (1980), o processo morfogenético pluvial atua nas vertentes através da mecânica ação das gotas de chuva (efeito splash) e do escoamento pluvial, transportando os sedimentos já intemperizados, em direção aos fundos de vale.

Este processo se torna ainda mais intenso nos solos desnudos de vegetação e nas áreas impermeáveis, o que é muito comum nos sítios urbanos e ocorre de forma generalizada na Ilha do Maranhão.

Sobre os ventos, pode-se afirmar que as direções predominantes são as de NE e E. A primeira direção corresponde à 40,81% do total anual, no período de setembro a março; a do setor E, apresenta uma frequência de 33,72%, nos meses de abril a agosto (UFMA, 2009).

De acordo com a escala de *Beaufort*, os ventos foram classificados como moderados, de grau 4. Entre o período de 2005 e 2007, a velocidade média foi calculada em 6,0 m/s, com o valor máximo de 7,49 m/s, no mês de outubro, e o mínimo de 4,18 m/s no mês de abril. Os ventos mais frequentes apresentam, em geral, velocidades maiores que podem atingir 12,5 m/s.

Isto indica que no período chuvoso, os ventos são mais fracos, mais variáveis e com ocorrência de calmarias. No período seco, a velocidade deles é maior e apresentam direções mais frequentes (Figura 13).

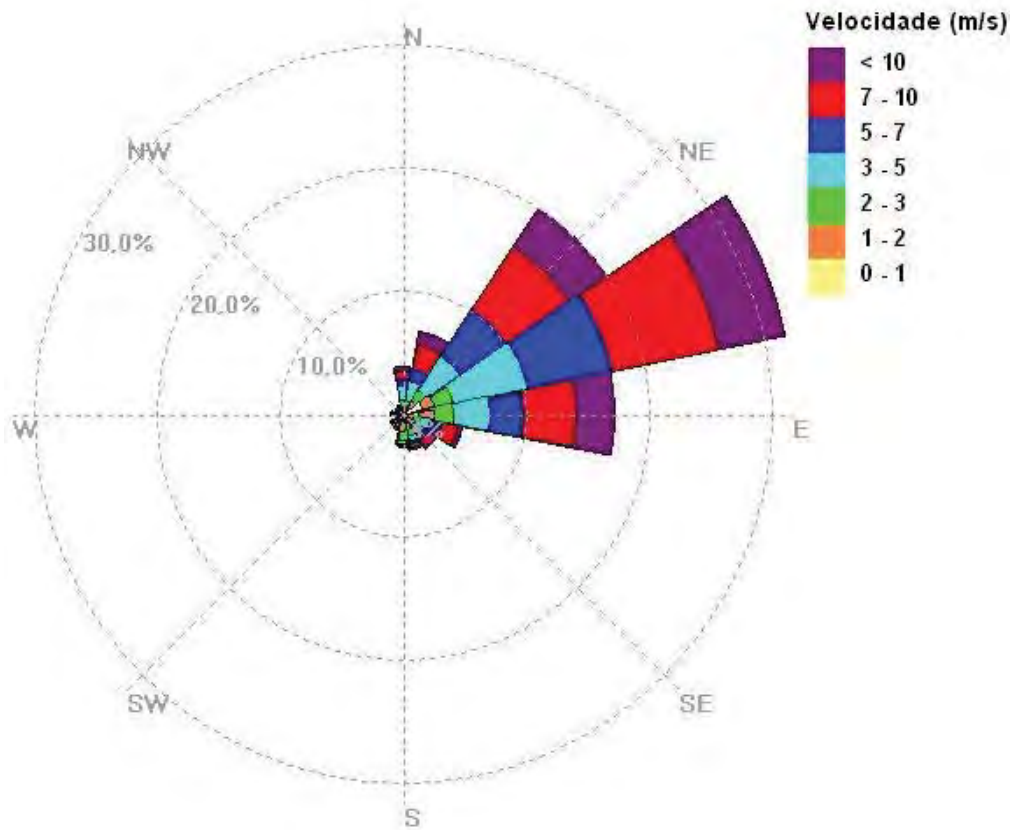


Figura 13 – Velocidade dos ventos na Ilha do Maranhão
Fonte – UFMA, 2009.

Na área de estudo, durante o dia,

... a intensidade dos ventos apresenta uma dinâmica crescente, decaindo ao anoitecer.

As brisas oriundas do continente para o mar apresentam direções S, SW e SE. Ao anoitecer, apresentam direção N, do mar para o continente.

A velocidade dos ventos, no período de 2002 a 2009... indica uma maior velocidade destes durante o período seco..., a média para esse parâmetro foi de 6,11 m/s, o máximo valor obtido para a velocidade dos ventos foi de 51,1 m/s nos dias 03 de junho de 2005, 10 de dezembro de 2005 e 28 de junho de 2007 e o menor valor foi de 1,6 m/s para o dia 8 de maio de 2007 (UFMA, 2009, p. 148).

Considerando que a Ilha do Maranhão e a ilha de Curupu estão situadas numa área costeira, com presença de sedimentos arenosos holocênicos inconsolidados, com depósitos marinhos e eólicos litorâneos, é possível afirmar que os ventos incidentes na área apresentam alta capacidade de transporte para gerar morfologias praias e dunares significativas, o que pode ser observado nas porções norte e nordeste da área de estudo.

Nas zonas dominadas por mangues e vasas, esse fenômeno é minimizado tanto pelas condições de abrigo dos efeitos do vento como pela alta taxa de umidade, dominante durante todo o ano.

A ação do vento realiza o transporte dos sedimentos através dos processos de suspensão, saltação e rolamento, dependendo da intensidade da força, do tamanho do grão e da umidade que este retém. Na medida em que evolui o recuo da maré, maiores extensões do estirâncio são expostas a ação eólica que desencadeia os processos de transporte (FEITOSA, 1989, p. 147-149).

4.3 Agentes oceanográficos

Os agentes oceanográficos são considerados para muitos autores como importantes agentes esculturais responsáveis pelas alterações morfológicas das áreas costeiras.

Dentre esses autores, destaca-se Bloom (1972), Christofolletti (1980), Muehe (1998), Suguio (2003), Souza et al (2005), El-Robrini et al (2006), Press et al (2006) e Rosseti (2008).

Nesta perspectiva e conforme a literatura especializada, os principais agentes oceanográficos atuantes na esculturação das geformas em questão são as correntes de maré, as ondas e as correntes litorâneas.

As correntes de maré

As marés são o resultado da variação periódica do nível da água em relação ao movimento rotacional terrestre, aliado ao efeito da gravidade causado pela atração Terra-Lua e, secundariamente, Terra-Sol.

Essas forças geram duas protuberâncias ou elevações na superfície dos oceanos, desenvolvidas em lados opostos da Terra, onde as marés altas são geradas... Apesar da pequena altura, essas saliências da água apresentam grandes comprimentos de onda. Nos outros extremos,... ocorrem marés baixas... (ROSSETI, 2008, p. 248-249).

Bloom (1972) afirma que a "... principal função geomórfica das marés é mudar o nível da água, de modo que a energia das ondas possa ser aplicada a maior intervalo vertical...". Além disto, "... as marés produzem correntes que vão erodir, transportar e depositar sedimentos ao longo da costa" (p. 126).

As correntes de maré são geradas quando as marés se deslocam próximas à linha da costa, causando correntes. Segundo Press et al (2006), à proporção que a maré aumenta,

“...a água flui em direção à costa como maré enchente...” (p. 438), também denominada de maré de inundação (ROSSETI, 2008).

O recuo posterior dela é denominado de maré de vazante. Tal movimentação inunda parte das morfologias costeiras no período de maré alta, e expõe estas mesmas áreas na maré baixa, gerando morfologias predominantemente deposicionais.

Em relação às correntes de maré na Ilha do Maranhão, defende-se que elas exercem um trabalho decisivo na morfodinâmica litorânea. Tal situação fica evidente ao se observar o reduzido volume de águas fluviais dos rios Anil, Bacanga, Tibiri, Jeniparana, Santo Antônio, Paciência e outros, durante as marés de vazante, e os depósitos de vasas ou fluviomarinhas (ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000b) nos baixos cursos desses rios, depositados nos períodos de maré enchente.

Para Viana (2000), as correntes de maré movimentam os sedimentos arenosos ao longo do prisma praiado leste-oeste, alterando ao longo do tempo, as morfologias costeiras na Ilha do Maranhão.

Segundo Morais (1977a), a velocidade das correntes de maré alcança até 2,5 m/s no Canal do Boqueirão, na baía de São Marcos, com tendência à diminuição da velocidade na parte interna, ou seja, 1,5 m/s.

El-Robrini et al (2006) afirma que as correntes de maré na baía de São Marcos são fortes, mas que na zona de arrebentação do litoral norte da Ilha do Maranhão¹⁹, essas correntes apresentam baixas velocidades.

Medições das correntes de maré feitas na zona de arrebentação do litoral norte da ilha de São Luís mostram o predomínio de correntes induzidas por ondas com deslocamento para esquerda, que correspondem à direção geral leste-oeste da praia, sendo esta direção mais coerente com a dos ventos dominantes, que provêm do quadrante nordeste (Feitosa, 1989). Os resultados indicam o domínio de correntes de baixa velocidade com índices oscilando entre 0,40 m/s e 1,6 m/s.

Trabalhos recentes nos manguezais da Ilha de São Luís (Melo, 2002) apontam velocidades variando de 0 a 0,8 m s⁻¹ (quadratura) e 0 a 1,3 m s⁻¹ (EL-ROBRINI et al, 2006, p. 109).

Sobre a velocidade dessas correntes produzidas pela grande amplitude de maré na área de estudo, tem-se que,

... varia de 3 a 4 m/s. O comportamento característico da dinâmica das correntes ao longo do ciclo de maré a partir das estofas de baixa-mare aumenta gradativamente até a terceira hora de enchente e diminui gradativamente até as estofas de preamares. Durante a vazante, a velocidade das correntes aumenta gradativamente com maior intensidade até a terceira e quarta hora de vazante, quando volta a reduzir gradativamente até a estofa de baixa-mares.

O canal principal da baía de São Marcos é intensamente atingido pela energia das águas sob a forma de correntes, chegando-se a verificar velocidades de até 6 nós na

¹⁹ A Ilha do Maranhão é também denominada por alguns autores de ilha de São Luís.

terceira hora de vazante e 3 a 4 nós na terceira hora de enchente, sendo que os valores mínimos das correntes ocorrem próximos às estofas de preamar e baixa-mar (NOGUEIRA, 2007). Os fatores que interferem nas correntes destacam-se: a amplitude de maré, a geometria do Golfão, a topografia do fundo e o expressivo volume d'água dos rios que deságuam na baía. Logo a partir do afunilamento da baía, próximo ao terminal da Ponta da Madeira, as velocidades diminuem conforme se adentra na baía em direção aos estuários (UFMA, 2009).

A respeito das amplitudes de maré, Rosseti (2008) afirma que a

...extensão da plataforma continental pode ter grande influência na amplificação da maré. Plataformas continentais extensas aumentam a amplitude da maré oceânica de maneira moderada, favorecendo o desenvolvimento de mesomaré. Forte amplificação das marés em costas caracterizadas por plataforma continental restrita resulta em regimes de macromaré. Entretanto, a velocidade das correntes de maré pode ser altamente variável, sendo controlada, principalmente, pelo volume de água que passa por um determinado ponto durante a metade de um ciclo de maré de inundação-vazante... (p. 250).

Sobre este assunto, Suguio (2003) afirma que as amplitudes de maré influenciam diretamente na largura das planícies de maré. Assim, quanto maior a amplitude, maior a planície em questão.

Villwock et al (2005) defende que as áreas costeiras que apresentam macromarés tendem, predominantemente, a gerar planícies de maré e outras geoformas similares.

No Golfão Maranhense, a Fundação de Estudos do Mar (FEMAR, 1997) realizou medições em três pontos diferentes, com valores da média da preamar de sizígia e da média da preamar de quadratura, a saber: Alcântara – 6,48 m e 4,98 m; ilha do Cajual – 6,02 m e 4,87 m; e na porção nordeste da Ilha do Maranhão – 6,02m e 4,87m. Os dados divulgados destes dois parâmetros no litoral do Maranhão apontam que os valores diminuem do litoral ocidental para o oriental.

Feitosa (1989, p. 177) afirma que no Golfão Maranhense, a amplitude de maré varia entre 4,9 e 7,2 m, tendo uma média de 6,59 m, “enquanto os dos níveis máximos situam-se entre 5,7 e 6,8m e os mínimos entre -0,4 e -0,1 m”.

A baía de São Marcos se caracteriza por uma hidrodinâmica regida pelo sistema de marés semi-diurnas (duas preamares e duas baixa-mares por dia lunar com intervalos proporcionais de cerca de 6h), com amplitude média de 4,6m, podendo atingir 7,2m quando das grandes sizíguas; porém, em 75% do tempo, as amplitudes de maré são inferiores a 5,5m, PORTOBRAS, (1988). Já as correntes atingem velocidades superiores a 7,5 nós DHN, (1972).

As águas pardas da baía denotam uma alta concentração de material em suspensão (silte+argila), que atinge uma média aproximada de 250mg/lit. (SANTOS et al, 2004, p. 2).

Estes dados são confirmados por El-Robrini et al (2006) e UFMA (2009), uma vez que confirmam que as amplitudes de maré, na maior parte do tempo (75%) nesta área, são inferiores a 5,5 m.

Em virtude de ser uma área de macromarés, ou seja, apresenta amplitudes superiores a 4m (CALLIARI et al, 2003), a Ilha do Maranhão e entorno contém significativas áreas cobertas por planícies de maré, principalmente nas porções nordeste e sudeste, as quais são, em função de diversos fatores, protegidas em relação à ação das ondas. Nestas áreas, ocorre o predomínio de ambientes de manguezais, os quais estão associados aos estuários.

Quanto à frequência e simetria das curvas, o autor defende que as marés da área em questão são semidiurnas, isto é, apresenta aproximadamente iguais, duas preamares e duas baixa-mares em cada dia lunar.

Ondas

Assim como as correntes de maré, as ondas são consideradas como um importante agente oceanográfico, pois são capazes de modelar as formas costeiras através do contínuo e intenso processo de esculturação, a partir da erosão e sedimentação de materiais.

Nos oceanos, e conforme Souza et al (2005), as ondas são geradas pela ação dos ventos e dependem de sua duração e velocidade e da extensão da pista. Os ventos, por sua vez, são produzidos pelo aquecimento diferencial atmosférico e marítimo, transportando a energia termal dos trópicos aos pólos (BLOOM, 1972).

Segundo Bloom (1996), a força da arrebentação das ondas e o lançamento de sedimentos em suspensão transportados por elas sobre morfologias costeiras, como as falésias, geram a abrasão marinha e o desgaste dos sedimentos.

A erosão de falésias pelas ondas produz, inicialmente, sedimentos mal selecionados. Deslizes, ocasionados pelo solapamento da base de falésias, levam à costa grandes massas de rochas fragmentadas, mal selecionadas. Contudo, as ondas e correntes das proximidades da costa são particularmente eficientes como selecionadoras de sedimentos, pelo tamanho e gravidade específica. Já à pequena distância de uma falésia em processo de erosão, podem-se observar areias ou cascalhos de praia tornando-se de granulação mais fina, mais arredondados e melhor selecionados (BLOOM, 1996, p. 137).

Além da erosão produzida pela ação das ondas, estas também podem transportar os sedimentos para a praia, conforme a natureza do assoalho e da forma das ondas.

Quando a onda sobe na rampa que forma a face da praia, transporta os sedimentos, ao mesmo tempo que parte da água se infiltra e retorna para o mar em subsuperfície. Com isto, o volume de água que reflui em superfície é menor, principalmente na parte mais elevada da face da praia, reduzindo a capacidade de transporte de

sedimentos. O resultado é a formação de um depósito residual constituído por areias, de tamanho médio geralmente mais grosso do que na zona submarina adjacente à praia (MUEHE, 1998, p. 261).

Assim, os processos de erosão e sedimentação geram modificações na linha da costa e, à medida que ela recua, a energia da onda também é reduzida.

El-Robrini et al (2006) defende que o litoral norte do Brasil recebe a influência das ondas geradas pelos alísios, as quais apresentam alturas em mar aberto inferiores a 1,5m.

A partir de dados gerados em jornada de campo, na praia do Caolho, localizada na porção norte da Ilha do Maranhão, Feitosa (1989) estimou a altura das ondas entre 0,70 e 1,80m, afirmando que, nas épocas em que as ondas são mais altas, estas incidem obliquamente e coincidem com a direção predominante dos ventos, isto é, nordeste.

De acordo com Feitosa (op.cit), as ondas que incidem na área norte da Ilha do Maranhão têm provocado o recuo da costa através dos efeitos diretos do trabalho erosivo sobre estruturas rochosas abruptas ou com ângulos de inclinação em torno de 25°, como o que ocorre nas pontas do Jaguarema, São Marcos, Bonfim e da Guia²⁰.

Para este autor, o trabalho das ondas associado aos agentes climáticos, provocou o avanço da linha da costa em direção ao interior da ilha até níveis próximos ao limite do alcance das marés.

Na ponta do Jaguarema, os processos de abrasão provocaram o recuo da falésia de aproximadamente 10 metros nos últimos quinze anos. No início da década de setenta, o nível máximo da maré próximo à falésia não permitia a exposição do estirâncio. Atualmente, a base da falésia é alcançada apenas durante a preamar das marés de sizígia, quando as ondas realizam trabalho abrasivo. Sua configuração denuncia a ocorrência de processos de erosão pluvial no topo, que funcionam como produtores de detritos, cabendo às ondas, basicamente, o retrabalhamento desses detritos e o lançamento nas correntes litorâneas (FEITOSA, 1989, p. 167).

Em virtude da situação da ilha em relação ao Golfão Maranhense e ao oceano Atlântico, acredita-se que a porção norte da ilha é mais favorável à ação erosiva das ondas, uma vez que ela está muito exposta aos processos oceanográficos.

Entretanto, defende-se que outras áreas da ilha, caracterizadas pela presença de falésias próximas à ação das ondas, também estejam sendo recuadas. Isto foi observado em trabalhos de campo, nas mais diversas porções da área de estudo, como na Ponta do Itapari, Ponta da Caúra, Ponta do Guarapiranga e Ponta da Madeira.

A Ponta do Itapari está localizada na porção nordeste da Ilha do Maranhão, a leste da praia de Panaquatira, no município de São José de Ribamar. Na foto 8, observa-se nitidamente a escada destruída pelo trabalho erosivo das ondas, gerando o recuo da falésia e

²⁰ Ver localização destes locais no Mapa 1 e Apêndice B.

consequentemente, da costa. Esta escada era utilizada como via acesso da população à praia. A ponta do Caúra, por sua vez, está localizada na porção leste da Ilha do Maranhão, próxima à área central da cidade de São José de Ribamar (Foto 9).



Foto 8 – Falésia ativa pela ação das ondas na Ponta do Itapari
Fonte - Silva, 2010.

Na foto 10 nota-se a presença de sedimentos erodidos e retrabalhados pela ação das ondas no terraço de abrasão, oriundos da falésia da Ponta do Guarapiranga, situada na porção sudeste da Ilha do Maranhão.

Nas porções mais recuadas do Golfão Maranhense, a ação das ondas é menor. A baía de São Marcos, com uma “... geometria em ‘fundo de saco’ confinada na sua entrada e na foz do rio Mearim, encontra-se protegida das ondas geradas em alto mar, as quais são dissipadas pela costa norte da Ilha do Maranhão” (UFMA, 2009, p. 239).

Assim, estas áreas mais interiores são submetidas ao impacto das ondas formadas no seu próprio interior por ventos locais e apresentam restritas e pontuais morfologias de praias arenosas e predomínio de planícies de maré.



Foto 9 – Falésia ativa pela ação das ondas na Ponta do Caúra – maré baixa
Fonte - Silva, 2010.



Foto 10 – Falésia ativa pela ação das ondas na Ponta do Guarapiranga
Fonte - Silva, 2010.

Correntes litorâneas

As correntes litorâneas são aquelas geradas pelas ondas (SUGUIO, 1992) e incluem as correntes de retorno e os fluxos que se deslocam em um único sentido, ao longo da costa (ROSSETI, 2008).

As correntes de retorno “... representam fluxos que se deslocam da costa para o oceano.... Esse tipo de corrente se desenvolve em costas inclinadas, sendo sua origem associada a pequenas elevações (centimétricas a métricas) das ondas” (ROSSETI, 2008, p. 254).

De acordo com esta autora, a eficiência das correntes de retorno é aumentada quando a própria corrente é combinada com as marés de vazante, podendo gerar canais de fundo na direção do mar, por onde ocorre transporte de sedimentos.

Reimnitz et al (1976) apud Suguio (1992) descreveram canais originados por correntes de retorno que se alargam rumo ao mar (sea-ward) com 30 a 100 m de largura, 0,5 m de profundidade e que chegam a estender-se por 1.500 m da praia em águas com 30 m de profundidade.

Já as correntes ao longo da costa, também denominadas de correntes litorâneas longitudinais (SUGUIO, 2010), correntes longitudinais e correntes de deriva litorânea (SUGUIO, 1992) são formadas a partir do impacto das ondas que se aproximam obliquamente da linha da costa²¹.

De acordo Feitosa (1996) e Viana (2000), as ondas atingem as praias da porção norte do Golfão Maranhense de forma oblíqua em virtude da direção predominante dos ventos, isto é, a Nordeste e, por isto, as correntes longitudinais ocorrem no sentido leste-oeste.

Segundo Rosseti (2008) e Suguio (2010), estas correntes ao longo da costa são mais eficazes, a longo prazo, no transporte de sedimentos do que outros fluxos.

Conforme Feitosa (1996), a migração de sedimentos arenosos pelas correntes litorâneas nas praias da Ilha do Maranhão gera alimentação das canaletas por grande quantidade de sedimentos, que retrabalhados, formam marcas de ondulação como *mega ripples* e *ripple marks* (Fotos 11 e 12).

²¹ Segundo Suguio (2010, p. 219) “as correntes longitudinais são ativas apenas quando as frentes de onda se aproximam obliquamente à linha de costa. Por sua vez, os sentidos das correntes longitudinais dependerão do ângulo de incidência das frentes de onda que atingem a linha de costa”.



Foto 11 – Vista aérea da praia da Ponta d'Areia com marcas de ondulação
Fonte - Rio Branco, 2010.



Foto 12 – Vista aérea da praia da Ponta d'Areia com significativo depósito arenoso no sentido leste-oeste
Fonte - Rio Branco, 2010

As praias da porção norte da área de estudo apresentam baixo índice de curvatura e grande ângulo de abertura. Isto ocorre em virtude do padrão retilíneo da corda de praia, sendo este, o padrão das zonas de praia do Golfão Maranhense (FEITOSA e CHRISTOFOLETTI, 1993).

Este padrão favorece o trabalho das ondas que atingem as praias de forma oblíqua e gera condições de transporte de materiais, inclusive pela ação dos ventos²².

Na praia da Ponta d'Areia é possível observar o depósito arenoso em direção aproximada leste-oeste, a partir da ação das correntes longitudinais (Foto 12). Este processo é tão intenso na área que, juntamente com os depósitos transportados pela ação fluvial dos rios Anil e Bacanga, e pela ação da maré, formam extensos baixios ou planícies de areia, que ficam submersas durante a preamar, mas são rasas, extensas e bem visíveis na baixa-mar.

4.4 Hidrografia

Considerando que a área de estudo está inserida no Golfão Maranhense, sendo este um complexo sistema estuarino contendo baías, estuários e diversas ilhas, pode-se afirmar que a drenagem da área de estudo é influenciada de forma integral pela estrutura geológica, clima da região, agentes oceanográficos, formas de relevo, sistemas deposicionais costeiros ocorrentes e ação humana através das alterações geradas.

Quase toda a costa é recortada por inúmeras pequenas reentrâncias, rios e igarapés²³ que recebem a incursão das marés através dos estuários, uma vez que a região apresenta um regime de macromarés.

Considerados os maiores rios da Ilha do Maranhão, os rios Bacanga e Anil deságuam na baía de São Marcos e os rios Paciência, Santo Antônio, Jeniparana e Tibiri, na de São José.

Além desses rios que são perenes e nascem na porção central da ilha, tem-se ainda o riacho dos Cachorros que deságua a oeste, no estreito dos Coqueiros, na baía de São Marcos, e outras drenagens menores.

Na ilha de Curupu, encontram-se dois igarapés predominantemente relacionados à incursão da maré: o igarapé de Curupu, muito sinuoso, margeia várias ilhas recobertas por

²² Este assunto será tratado no capítulo 5 deste trabalho.

²³ Termo indígena que significa caminho da canoa (Wikcionário, 2011).

mangues e deságua em duas áreas: a noroeste, na baía do Curral e a sudeste, na baía de Curupu; outro igarapé, com toponímia desconhecida, é menos sinuoso que o de Curupu e deságua na baía homônima (Mapa 3).

A influência do regime de marés é muito grande em todo o Golfão Maranhense e isto é facilmente percebido na baía do Curral²⁴, dentre outras áreas, através da observação da paisagem morfológica (Foto 13).



Foto 13 – Foz do igarapé de Curupu na baía do Curral durante a maré enchente
Fonte - Silva, 2010.

Quanto ao escoamento global (CHRISTOFOLETTI, 1980), a drenagem da Ilha do Maranhão pode ser classificada como exorréica, uma vez que o fluxo das águas se faz de modo contínuo até ao mar.

A altura e largura da lâmina d'água nas lagoas interdunares e nas planícies lacustres apresentam variação em função do período chuvoso e de estiagem. As fotos 14 e 15 foram tiradas no período da estiagem (dezembro).

²⁴ Foz do igarapé de Curupu no município de Raposa.

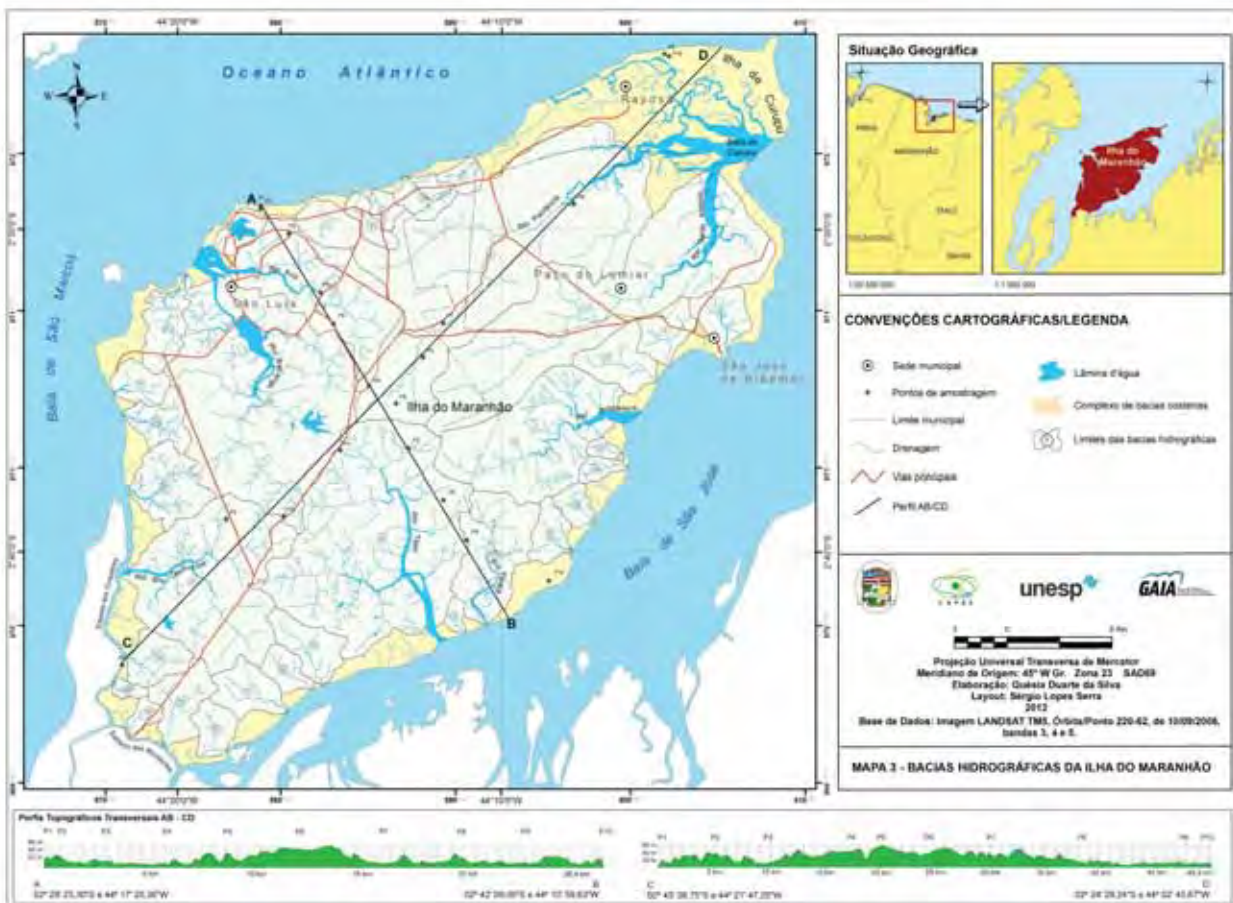




Foto 14 – Drenagem endorréica numa lagoa interdunar na ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2010.



Foto 15 – Drenagem endorréica na planície lacustre da ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2010.

Em relação ao critério geométrico da disposição fluvial sem nenhum sentido genético e conforme Christofolletti (1980), observam-se na Ilha do Maranhão os seguintes padrões: radial centrífuga, dendrítico (Figura 14), retangular (Figura 15), paralelo (Figura 16), treliça (Figuras 17 e 18).

Tendo em vista que as nascentes das maiores bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão estão localizadas na porção central e se direcionam de forma divergente para toda a área costeira, tem-se o padrão radial centrífuga. Este padrão está relacionado à topografia da formas e ao controle estrutural exercido pelas falhas e fraturas presentes na área.

O padrão dendrítico é observado na área de estudo e reflete a situação predominante das rochas sedimentares horizontais, gerando uma drenagem geometricamente arborescente. Os outros padrões ocorrentes na área indicam o controle estrutural marcado pelos sistemas de lineamentos, como nas bacias dos rios Santo Antônio, Jeniparana, Paciência e outros (Mapa 3).

Segundo Rodrigues et al (1994) e Pereira e Tavares Júnior (2007), nos terrenos cretáceos e terciários da Bacia de São Luís, tem-se sistemas de lineamentos com direção preferencial para NE-SW e NW-SE e menos frequentes nas direções NNE-SSW e WNW-ENE, sendo que esta estruturação está marcada por alinhamentos de drenagem em várias regiões da ilha.

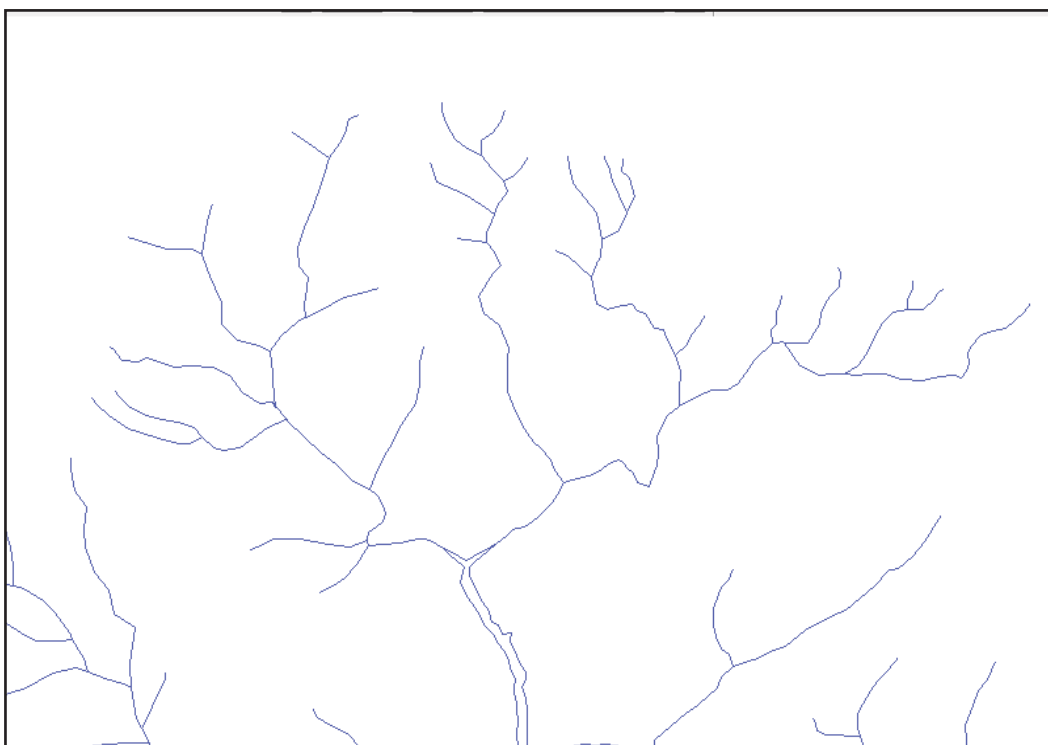


Figura 14 – Padrão de drenagem dendrítica no alto curso da bacia do rio Tibiri

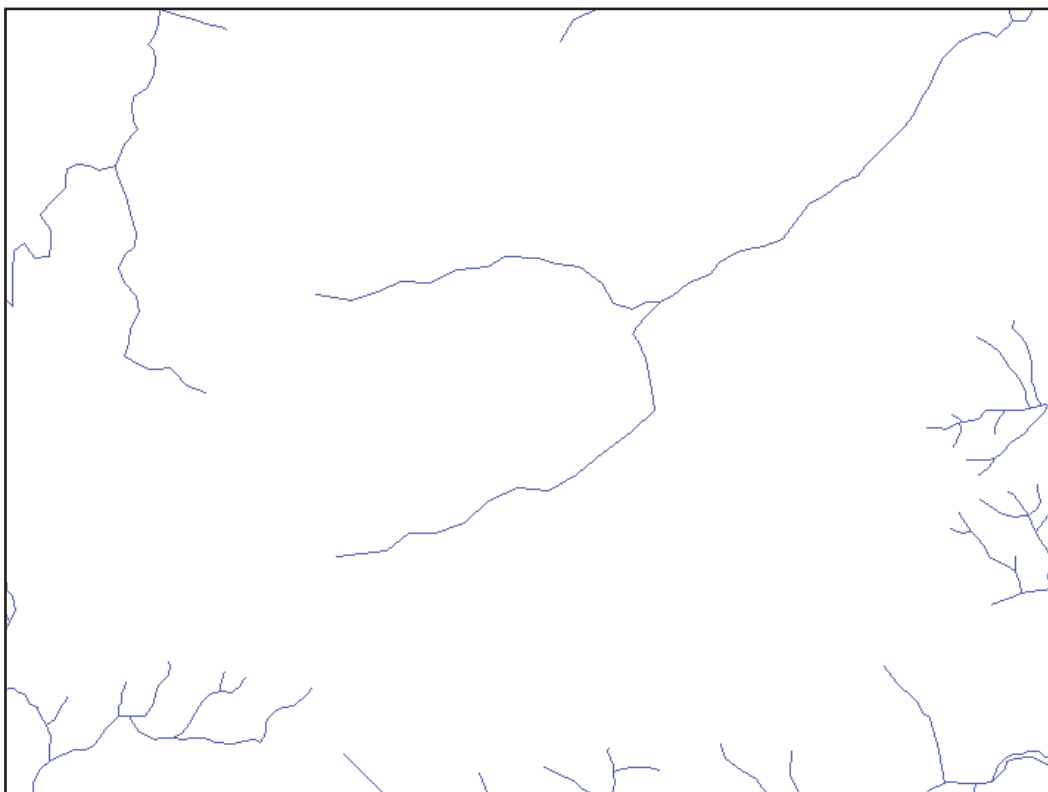


Figura 15 – Padrão de drenagem retangular no alto curso da bacia do rio Santo Antônio

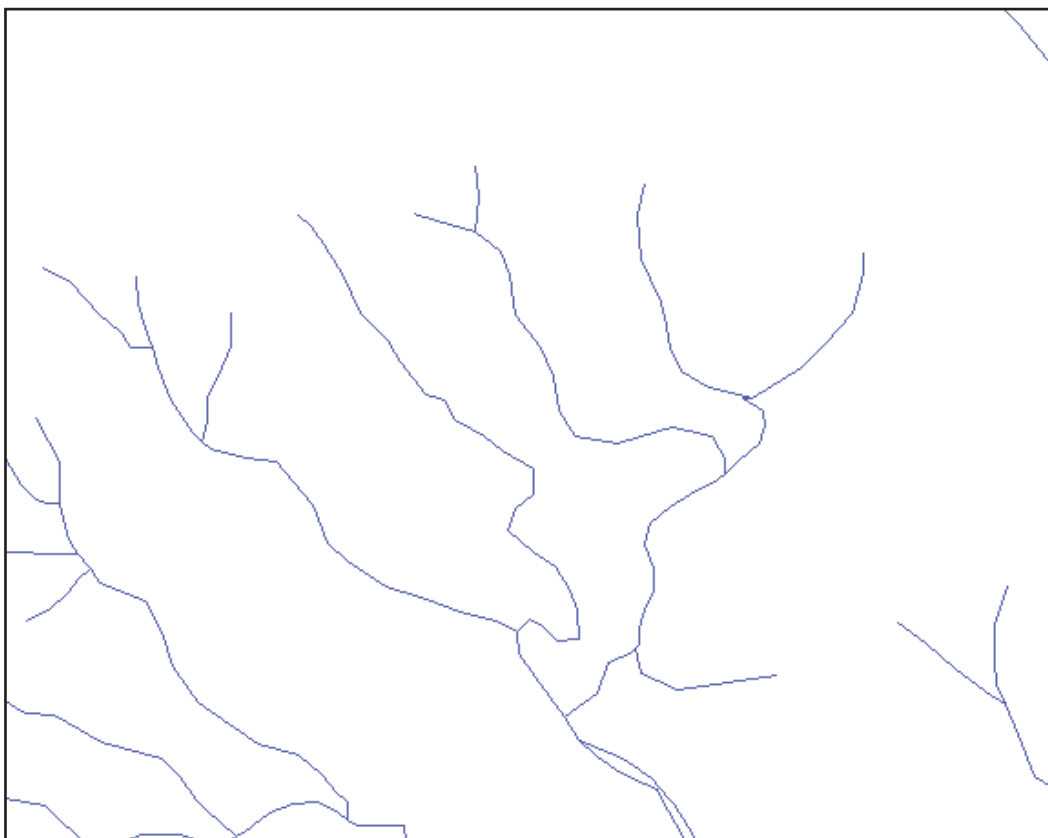


Figura 16 – Padrão de drenagem paralelo na bacia do rio Jeniparana

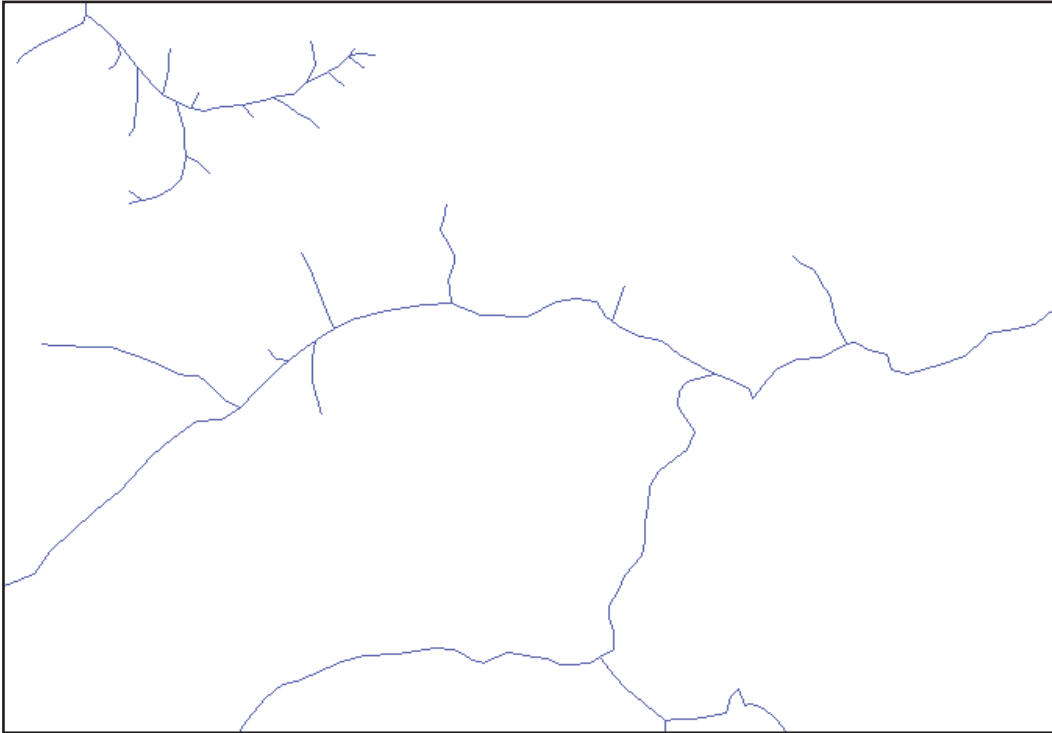


Figura 17 – Padrão de drenagem treliça na bacia do rio Paciência



Figura 18 – Padrão de drenagem treliça na bacia do rio Jeniparana

Para uma caracterização mais detalhada da drenagem na área de estudo e considerando que os modelos hidrológicos tentam explicar as possíveis interações entre a dinâmica da água e as características físicas do meio, e que são elementos fundamentais para a análise da paisagem (PEREIRA E TAVARES JÚNIOR, 2007), realizou-se a quantificação

de índices morfométricos, a partir da delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão.

Considerando as características estuarinas da área de estudo e a delimitação feita das bacias hidrográficas a partir da literatura especializada, optou-se por individualizar as demais áreas numa unidade denominada aqui de Complexo de Bacias Costeiras (Mapa 3).

Esta unidade apresenta uma significativa complexidade de ponto de vista da drenagem, com características singulares como predomínio de canais de maré, um único canal de drenagem desaguando diretamente nas baías de São Marcos, de São José, de Curupu e do Curral, canais sinuosos, divagantes e desorganizados quanto a um padrão de drenagem.

Os parâmetros morfométricos considerados neste capítulo foram área (A), perímetro (P), índice de sinuosidade (Is), índice de circularidade (Ic) e fator de forma (Kf) (Quadro 6).

Quanto à dimensão areal, as 34 bacias delimitadas foram classificadas em pequenas (área inferior a 10 km^2), médias (dimensão areal entre 10 a 100 km^2) e grandes (área superior a 100 km^2).

Assim sendo, 23 delas foram consideradas pequenas, 8 são médias e 3 bacias, grandes. Apesar de que as bacias pequenas equivalem à 67,65% do total de bacias, elas totalizam a menor classe, em relação à dimensão areal, ou seja, $128,44 \text{ km}^2$, o que equivale à 13,54% (Mapa 4 e Tabela 2).

A classe que apresenta o menor número de bacias hidrográficas (3 bacias) é aquela que agrupa as bacias com maior dimensão areal, ocupando 36,59% da área total de estudo, equivalendo à $347,02 \text{ km}^2$.

As três maiores bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão (Quadro 6) são, em ordem crescente: Bacanga (32), Tibiri (18) e Paciência (6); são contíguas uma vez que as nascentes ocorrem na região do tabuleiro, porção central e centro-sudoeste da ilha e apresentam direção preferencial NE-SW e NW-SE conforme os sistemas de lineamentos presentes na área e segundo Rodrigues et al (1994) e Pereira e Tavares Júnior (2007).

As bacias consideradas médias (10 a 100 km^2) também apresentam direção concordante com os sistemas em questão, com exceção de duas bacias localizadas na porção sul da ilha e com direção predominante N-S.

Em ordem crescente (Quadro 6) elas são denominadas de Mosquitos (23), Jaguarema (10), Arapapar (28), Tijupá (16), Anil (33), Jeniparana (11), Cachorros (27) e Santo Antônio (7).

Quadro 6 - Índices morfométricos das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão

Bacia	A (km ²)	P (km)	Is (adimensional)	Ic (adimensional)	Kf (adimensional)
1	7,56	11,00	1,14	0,78	0,06
2	4,20	10,37	1,19	0,49	0,25
3	2,91	7,46	1,05	0,66	0,44
4	6,31	10,67	1,20	0,70	0,56
5	3,28	7,86	1,40	0,67	0,80
6	134,97	67,50	1,29	0,37	0,02
7	98,76	58,36	1,30	0,36	0,20
8	8,40	12,03	1,12	0,73	0,65
9	7,98	12,27	1,34	0,67	0,48
10	11,13	15,07	1,25	0,62	0,44
11	48,98	30,75	1,36	0,65	0,42
12	1,68	5,50	1,11	0,70	0,40
13	2,66	7,37	1,10	0,61	0,33
14	3,83	8,05	1,07	0,74	0,54
15	6,20	11,12	1,61	0,63	0,51
16	24,68	24,05	1,37	0,54	0,41
17	1,81	5,86	1,15	0,66	0,37
18	106,15	48,02	1,17	0,58	0,68
19	9,75	14,35	1,17	0,59	0,37
20	5,19	9,96	1,22	0,66	0,43
21	9,44	14,08	1,29	0,60	0,41
22	5,55	10,34	1,29	0,65	0,54
23	10,90	16,60	1,28	0,50	0,38
24	2,63	7,36	1,45	0,61	0,41
25	1,68	5,87	1,25	0,61	0,36
26	8,39	12,27	1,26	0,70	0,54
27	62,99	38,62	1,48	0,53	0,60
28	14,01	17,43	1,29	0,58	0,54
29	8,43	14,12	1,31	0,53	0,47
30	6,70	10,87	1,16	0,71	0,61
31	9,68	17,16	1,41	0,41	0,27
32	104,38	48,26	1,28	0,56	0,44
33	42,01	34,03	1,35	0,45	0,40
34	4,84	8,95	1,18	0,76	0,39

A – Área da bacia hidrográfica

P – Perímetro

Is – Índice de sinuosidade

Ic – Índice de circularidade

Kf – Fator forma

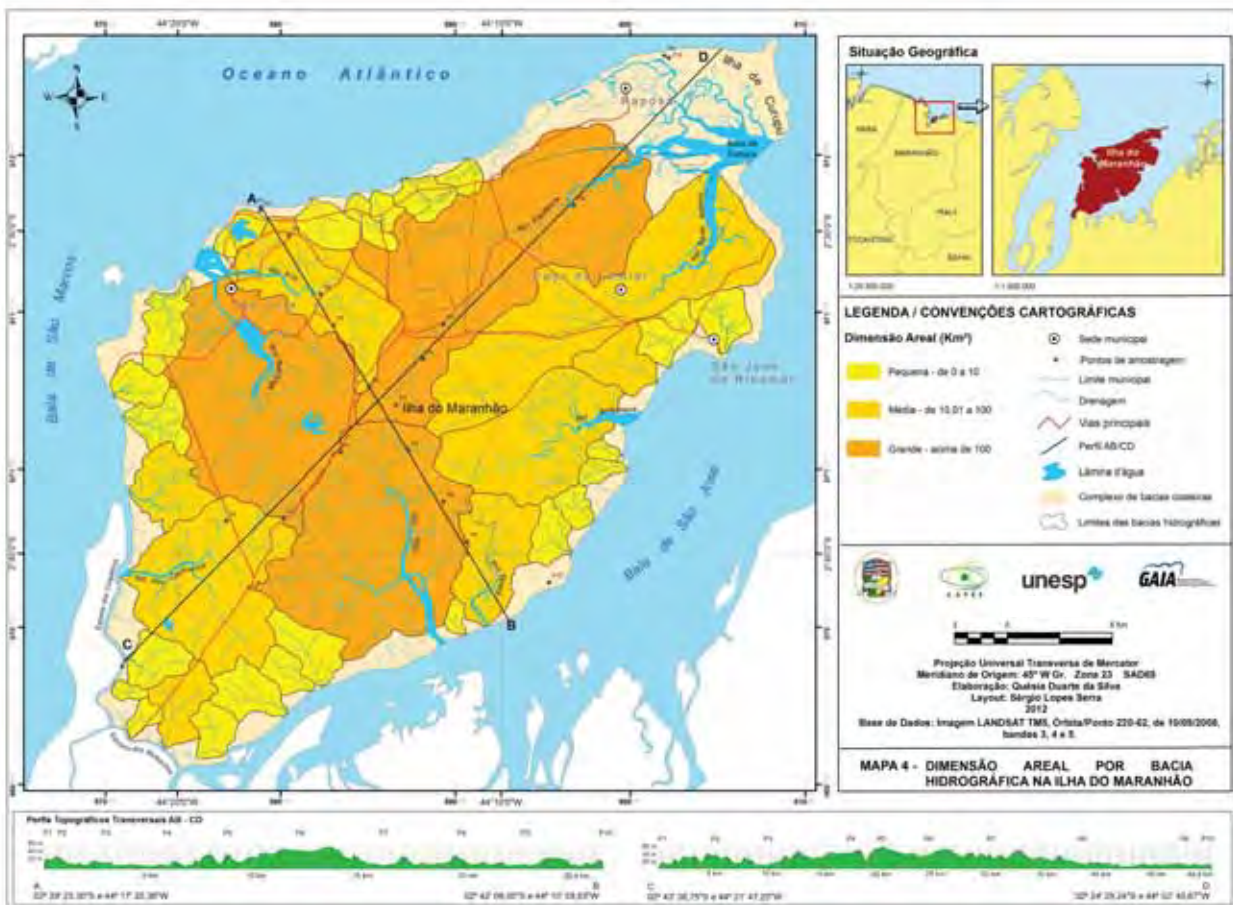


Tabela 2 – Classificação das bacias hidrográficas quanto à dimensão areal

Classes	Área (km ²)	%
Pequena - área inferior a 10km ²	128,45	13,54
Média - dimensão areal entre 10 a 100 km ²	313,87	33,09
Grande - área superior à 100 km ²	347,02	36,59
Complexo de bacias costeiras	159,07	16,77
Total	948,40	100,00

As pequenas bacias apresentam suas drenagens voltadas para diversas direções, como nordeste-sudoeste e sul-norte na porção norte da ilha, norte-sul na porção nordeste, noroeste-sudeste na área leste e sul, sudeste-noroeste na porção sudoeste, leste-oeste e sul-norte na porção oeste, além daquelas orientadas pelos lineamentos. Essas 23 bacias apresentam os seus divisores próximos à costa.

Christofolletti (1980) afirma que o índice de sinuosidade (Is) foi proposto com o objetivo de distinguir os canais meândricos dos que não o são. Nesta perspectiva e considerando a classificação utilizada pelo autor supracitado (ver Capítulo 3), afirma-se que dos 34 canais analisados, 97,06% podem ser considerados retilíneos e apenas 2,94%, meândricos, o que correspondem ao canal principal de uma bacia hidrográfica (15), localizada na porção sudeste da ilha (Quadro 6).

No caso dos rios principais das bacias do Paciência e Santo Antônio, os canais considerados retos estão relacionados a uma falha normal e uma falha ou fratura de sentido nordeste-sudoeste (ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000b).

O índice de circularidade é um parâmetro morfométrico adimensional sugerido inicialmente por Müller (1953) e Schumm (1956), apud Antoneli e Thomaz (2007). É utilizado para indicar a mensuração da forma das bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Das 34 bacias analisadas, seis delas foram classificadas como tendo forma alongada o que equivale à 17,65%, com menor tendência à inundação, 76,47%, classificadas como tendo forma intermediária e apenas 5,88% com forma circular, com maior tendência à inundação (Mapa 5 e Tabela 3).

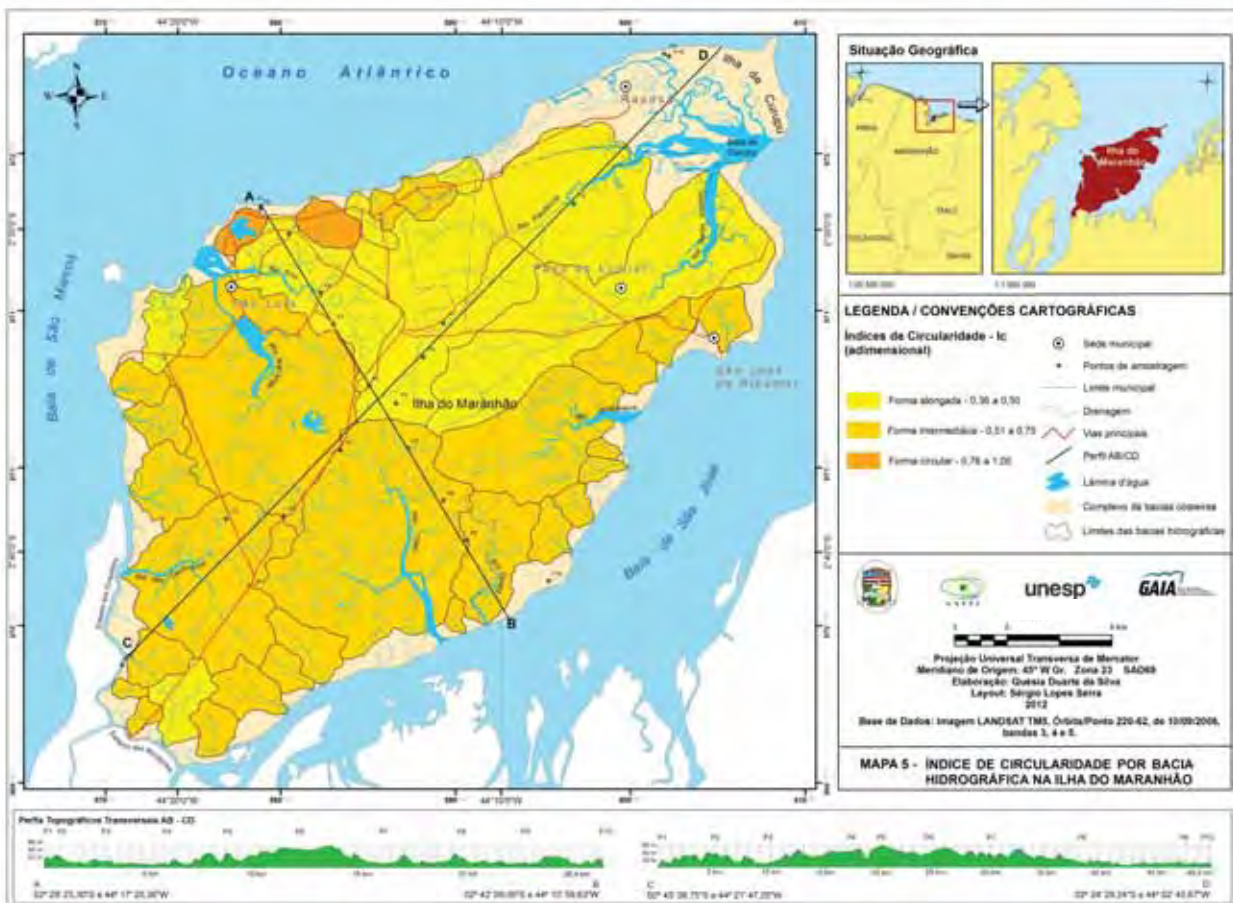


Tabela 3 – Classificação das bacias hidrográficas quanto ao índice de circularidade

Classes	Área (km ²)	%
Forma alongada	304,51	32,11
Forma intermediária	472,40	49,81
Forma circular	12,42	1,31
Complexo de bacias costeiras	159,07	16,77
Total	948,40	100,00

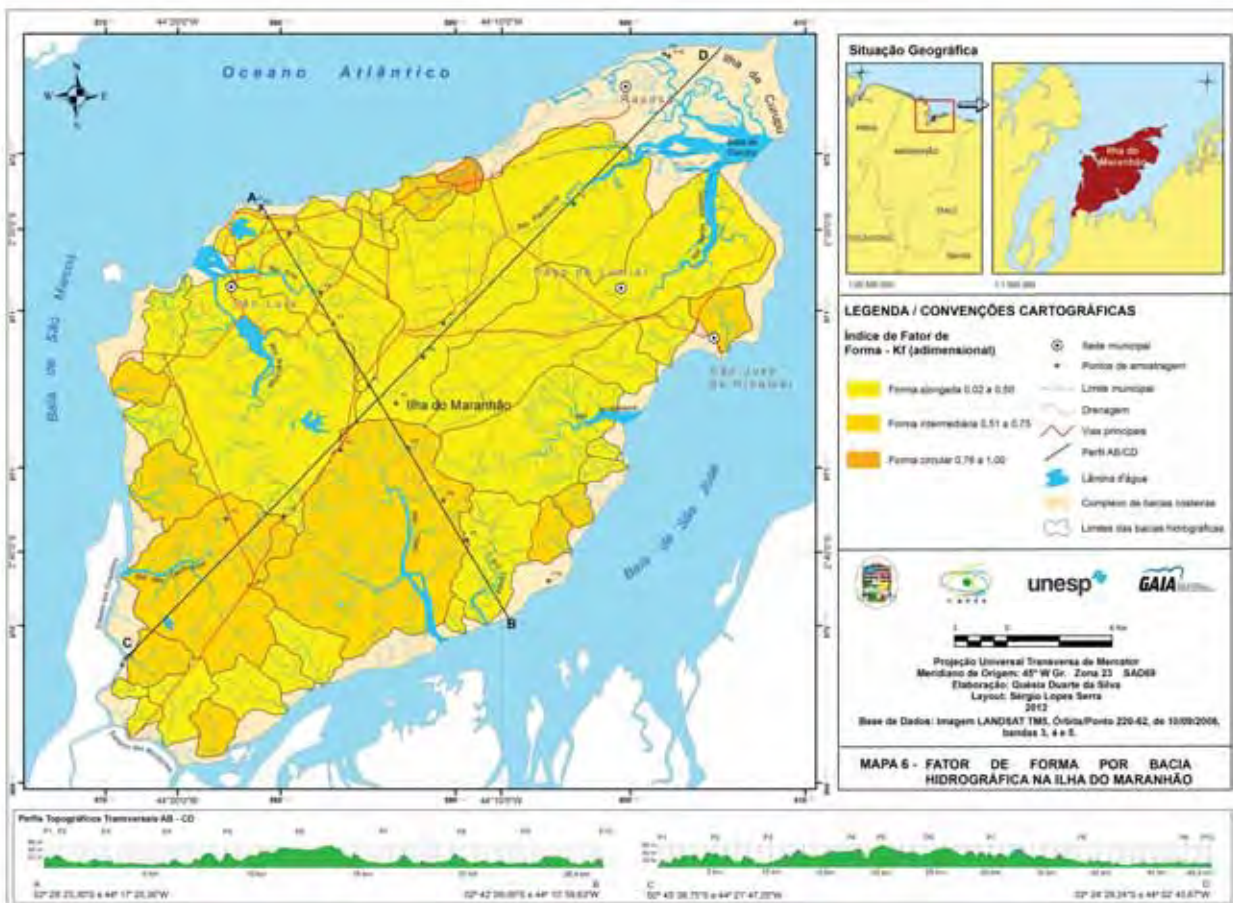
O fator de forma (Kf) compreende a relação entre a área da bacia e o seu comprimento. Quanto menor for o valor deste índice, mais alongada será a bacia e menor a possibilidade de ocorrerem enchentes. Assim sendo, e considerando o fator de forma, 67,65% das bacias analisadas apresentam baixo fator, ou seja, 23 unidades apresentam forma alongada, 29,41% delas foram consideradas como tendo forma intermediária e apenas 2,94% da amostra tem forma circular, o que equivale à 1 bacia (Tabela 4 e Mapa 6).

Tabela 4 – Classificação das bacias hidrográficas quanto ao fator de forma

Classes	Área (km ²)	%
Forma alongada	556,74	58,71
Forma intermediária	229,16	24,16
Forma circular	3,43	0,36
Complexo de bacias costeiras	159,07	16,77
Total	948,40	100,00

Ressalta-se que a forma intermediária é a predominante para os dois parâmetros utilizados e a porção centro sul é a área de maior ocorrência. Na porção nordeste da Ilha do Maranhão, há o predomínio das bacias hidrográficas com formas alongadas.

Destaca-se que toda quase toda a Ilha do Maranhão está sendo fortemente ocupada por diversos tipos de ocupação/usos, com grandes áreas impermeáveis ou pouco permeáveis, o que pode alterar o comportamento hidrológico das bacias.



Sobre este assunto, Vieira e Cunha (2004) defendem que o aumento de áreas impermeáveis nas paisagens urbanas favorece a redução da infiltração, o escoamento superficial, a concentração de enxurradas e a ocorrência de ondas de cheias, e afeta o funcionamento do ciclo hidrológico.

Segundo Bezerra (2008), a bacia hidrográfica do Anil está altamente antropizada e passível de apresentar as consequências listadas por Vieira e Cunha (2004) e outras. Assim como esta bacia, e considerando o crescente aumento populacional ocorrente nos municípios que fazem parte da Ilha do Maranhão²⁵, os problemas destacados são observados em várias outras porções da área, como na bacia do rio das Bicas (SANTOS, 2007).

4.5 Solos

Os processos pedogenéticos responsáveis pelo desenvolvimento dos solos são resultantes de complexas e contínuas reações físicas, químicas e biológicas que, associadas aos fatores de formação dos solos²⁶, geram diferentes tipos de solos.

Nesta perspectiva e sabendo que o relevo apresenta forte influência na evolução e desenvolvimento dos solos, principalmente nas condições hídricas e térmicas (PALMIERI e LARACH, 2003), optou-se por apresentar uma caracterização dos solos, na área de estudo.

Esta caracterização foi feita com base no trabalho de Maranhão (1998f), na escala de 1:100.000, no sistema atual de classificação dos solos do Brasil (EMBRAPA, 2006) e também da análise de perfis de solos em trabalhos de campo.

Considerando os níveis hierárquicos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2006), têm-se, na área de estudo, as seguintes classes de solos: Argissolo, Neossolo, Gleissolo e os Solos Indiscriminados de Mangue (Mapa 7 e Tabela 5).

²⁵ Aspecto a ser caracterizado ainda neste capítulo.

²⁶ Os fatores de formação dos solos são: material de origem, relevo, tempo, clima e organismos (LEPSH, 2002).

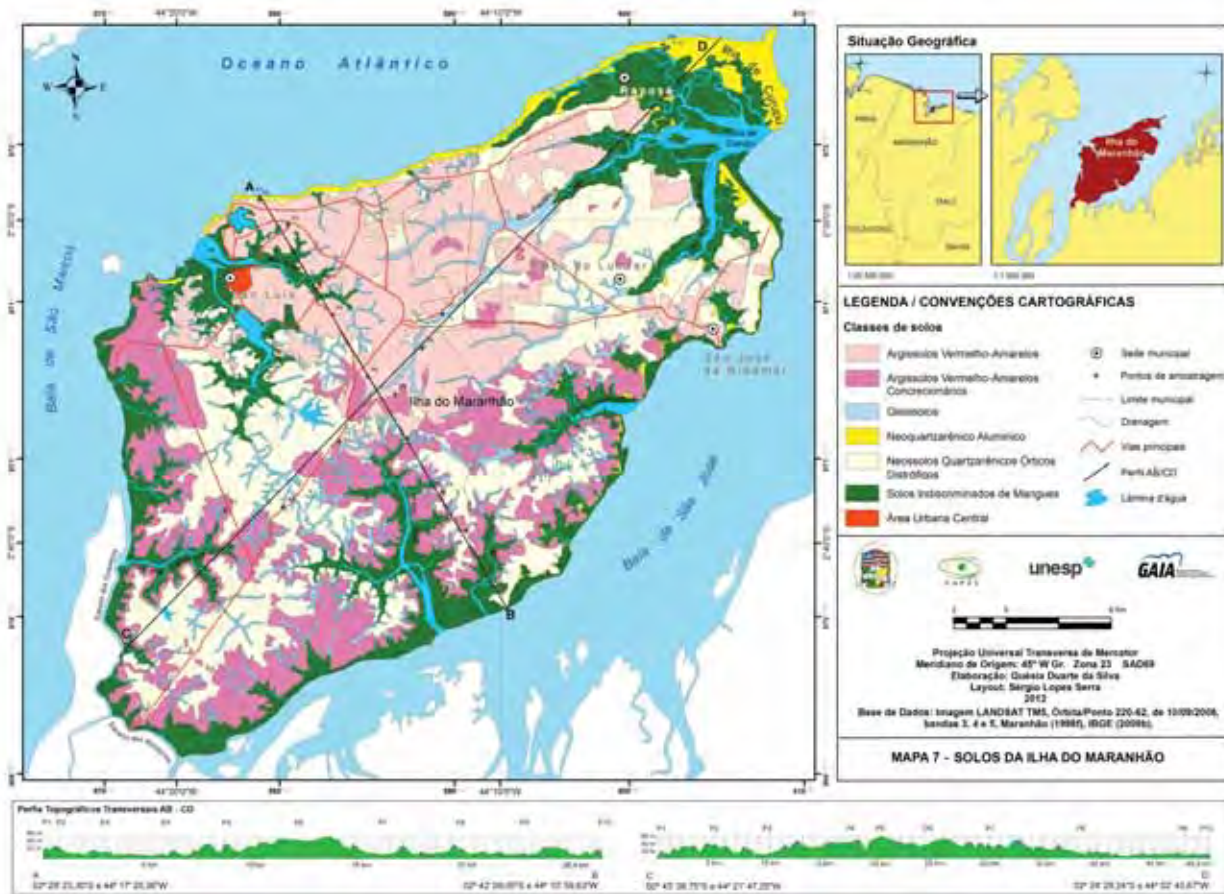


Tabela 5 – Unidades de solos da área de estudo

Unidade de Mapeamento	Área (km ²)	%
Argissolo Vermelho-Amarelo - PVA1	184,18	19,37
Argissolo Vermelho-Amarelo Concrecionário - PVAc	177,79	18,70
Neossolo Quartzarênico Órtico Distrófico - Rqo1 Neossolo Quartzarênico Hidromórfico – RQg1	266,70	28,05
Neossolo Quartzarênico Órtico Alumínico - Rqo3	31,13	3,27
Gleissolo Hápticos GX1	65,57	6,90
Solos Indiscriminados de Mangue SM	192,35	20,22
Área Urbana Central	1,68	0,18
Água	31,40	3,30
Total	950,80	100,00

Segundo Maranhão (1998f), são encontradas na área as seguintes subordens dos Argissolos: Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA1) e Argissolo Vermelho-Amarelo Concrecionário (PVAc).

O Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA1) foi caracterizado na localidade situada na MA 202, margem direita do rio Paciência, à 02°30'49,2" S e 44°10'26,6" W, no município de Paço do Lumiar, numa área de extração mineral desativada, com vegetação de capoeira, recentemente queimada, com raízes finas a médias ao longo de todo o perfil, em relevo tabular com topos planos a suave ondulados.

Este solo tem como principal característica pedológica a presença do horizonte diagnóstico Bt (textural), constituído pelo acúmulo de argilas iluviadas advindas dos horizontes O, A e E.

Quanto às suas características físicas, apresenta coloração que varia ao longo do perfil de marrom claro (Horizonte A) até amarelo (Horizonte Bt), correspondendo ao valor 5YR(6/6) - amarelo-avermelhado, segundo a Carta Munsell de Cores (2000).

A textura é arenosa a média nos horizontes superiores (A e E), sendo um solo, com exceção do horizonte Bt, com pouca plasticidade. A estrutura do horizonte Bt é angular e sub-angular; com consistência ligeiramente dura, quando molhado, mas friável quando úmida.

É um solo mineral, não hidromórfico, profundo (150 cm), moderadamente drenado. De acordo com Maranhão (1998f), no período de estiagem, isto é, no segundo semestre de cada ano, este solo apresenta deficiência de água nos horizontes superiores (A e E) devido à elevada presença da fração areia, o que prejudica o desenvolvimento radicular das plantas de menor porte (Foto 16).

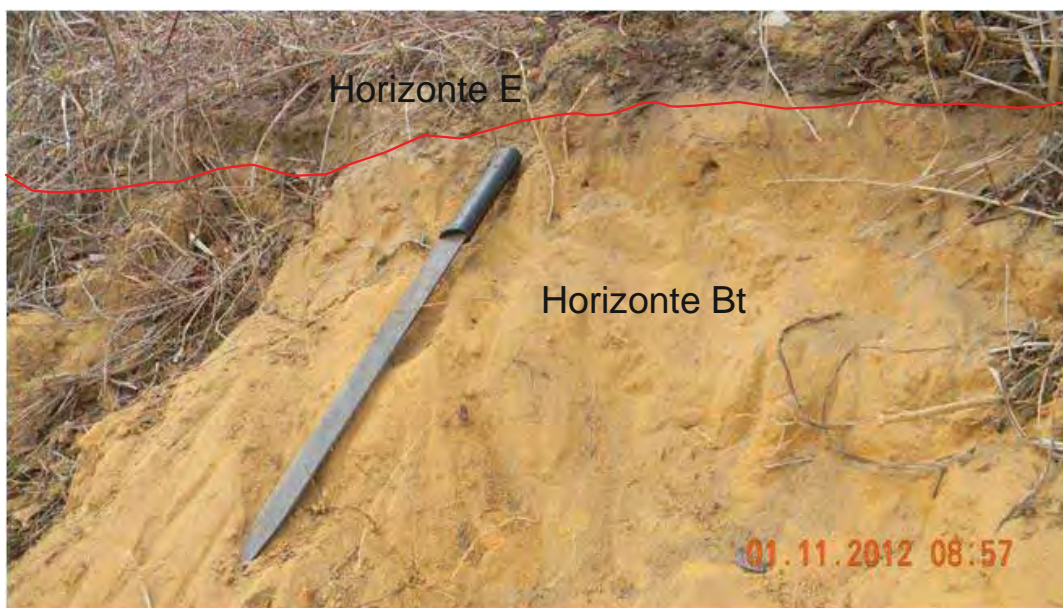


Foto 16 – Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA1) com a identificação dos horizontes pedológicos E e Bt
Fonte - Silva, 2010.

Todavia, para plantas com sistema radicular profundo (60 cm a 100 cm), com solos com estas características pedológicas, devido ao horizonte Bt, que ocasiona o impedimento de infiltração de água, decorrente da presença de argilas, pode auxiliar no desenvolvimento da planta.

Na área de estudo, os Argissolos Vermelho-Amarelos ocupam grandes extensões, especialmente a porção centro-norte da Ilha do Maranhão, nas áreas com relevos planos a suave-ondulados (Mapa 7), totalizando 184,18 km², o equivalente a 19,37% da área (Tabela 5).

O Argissolo Vermelho-Amarelo Concrecionário (PVAc) foi caracterizado a partir da análise de um perfil na localidade do entroncamento da BR 135 com a Vila Samara, num barranco de estrada, sem erosão aparente, em relevo suave ondulado (MARANHÃO, 1998f).

É um solo mineral, não hidromórfico, pouco profundo (menor que 100 cm), bem drenado e de baixa atividade de argila, com uma sequência de horizontes A-AB-Bt1-Bt2, com transição gradual entre os horizontes A e AB e abrupta entre os horizontes Bt1 e Bt2.

Os horizontes A1 e AB apresentam espessura de 41 cm, com textura franco-arenosa, granular, com blocos subangulares, ligeiramente dura, plástica e pegajosa a ligeiramente pegajosa, com cores bruno-acinzentado muito escuro a bruno-amarelado escuro.

O horizonte Bt1 tem uma textura franca à franca-argilosa-cascalhenta, com blocos subangulares, ligeiramente dura, firme, ligeiramente plástica e abrupta, apresentando uma camada de laterita entre 85 e 100 cm. Foi possível observar a atividade biológica relacionada a cupim.

Em geral, estes solos apresentam fortes limitações ao manejo e mecanização agrícola devido à quantidade de laterita na superfície e no interior do perfil e porque geralmente estão associados à relevos ondulados a forte-ondulados (Foto 17).

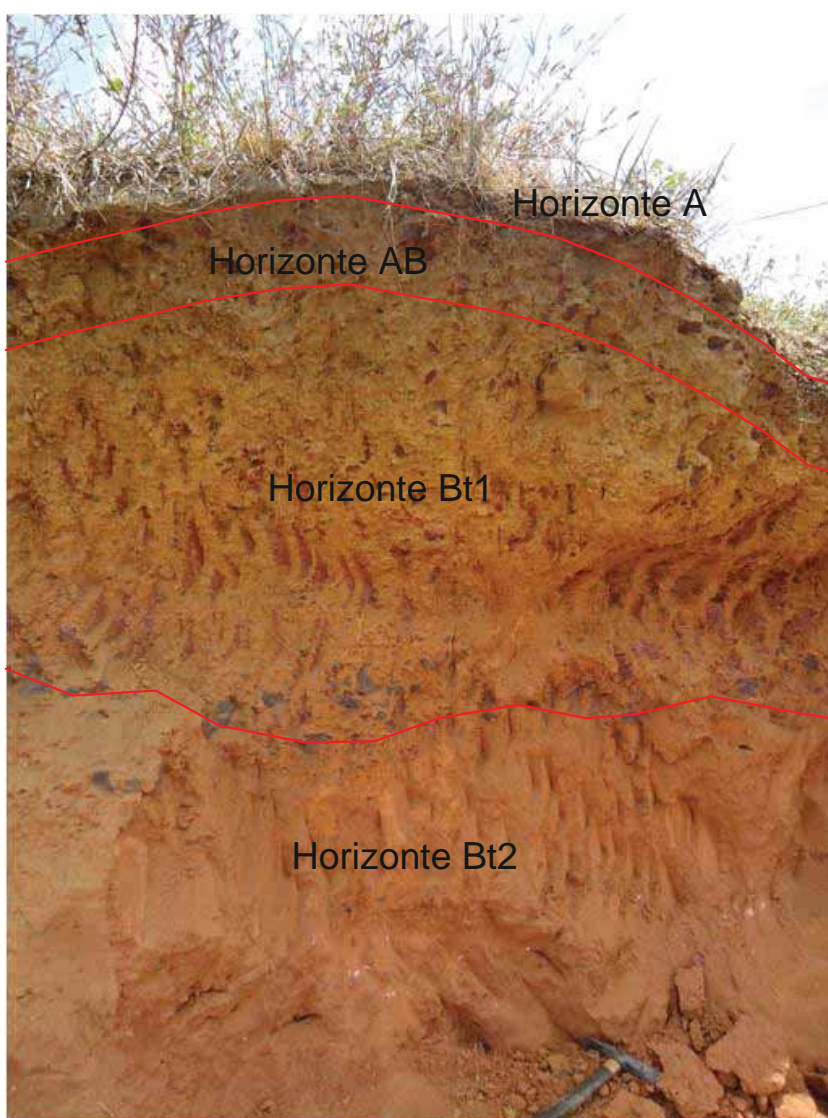


Foto 17 – Perfil típico dos Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários na Ilha do Maranhão – próximo à Praia da Guia, Mauro Fecury, Ilha da Paz. Destaca-se a presença de conecções ferruginosas no horizonte AB e principalmente Bt1. Fonte - Bezerra, 2011.

Quando as concreções estão próximas ou na superfície, estes solos são explorados “... como minas de material de revestimento de estradas ou aterros e são denominadas de ‘piçarreiras’”, as quais são abandonadas após o uso (MARANHÃO, 1998f, p. 76).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários ocupam grandes extensões, especialmente a porção centro-sul da Ilha do Maranhão, nas áreas com relevos ondulados a forte-ondulados (Mapa 7), totalizando 177,79 km², o equivalente a 18,70% da área (Tabela 5).

Os Neossolos da área de estudo podem ser individualizados nas subordens: Neossolo Quartzarênico Hidromórfico (RQg1), Neossolo Quartzarênico Órtico Distrófico (RQo1), Neossolo Quartzarênico Órtico Alumínico (RQo3).

Neste trabalho, foi possível caracterizar duas destas subordens. Assim sendo, o Neossolo Quartzarênico Órtico Distrófico (RQo1) foi identificado na Comunidade Alegria, Maracanã, município de São Luís, 02°37’49,7” S e 44°17’48,8” W, num relevo suave ondulado, terço inferior de uma encosta, num corte de estrada, com presença de erosão laminar ligeira (Foto 18).

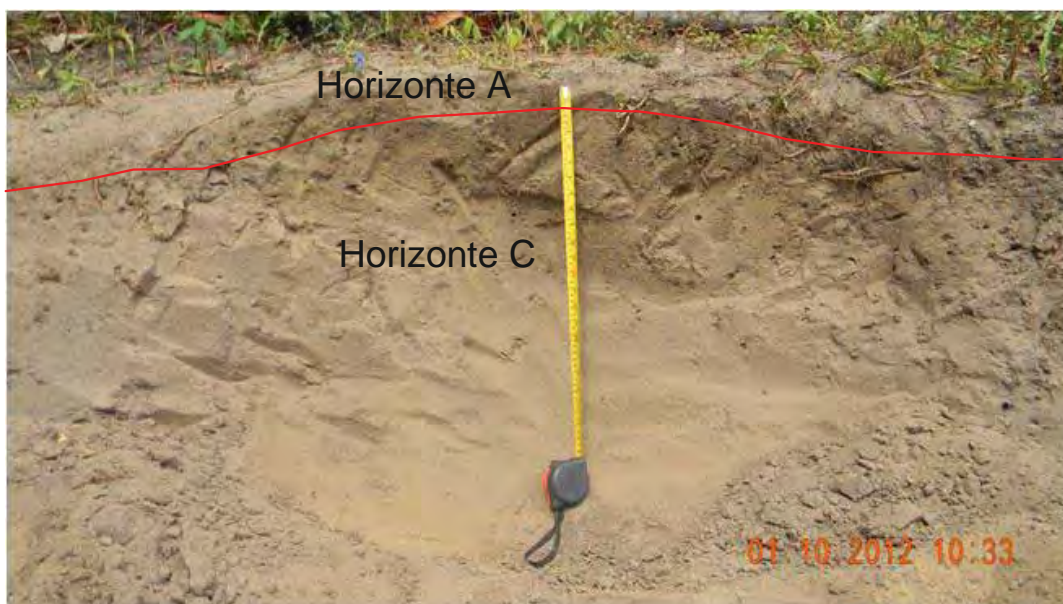


Foto 18 – Neossolos Quartzarênicos Órticos Distróficos – Comunidade Alegria, Maracanã
Fonte - Silva, 2012.

É um solo muito arenoso, de textura fina a média; quando seco, apresenta grãos simples e soltos; molhado, os grãos apresentam-se friáveis. É muito drenado, com presença de matéria orgânica nos primeiros 5 cm e transição gradual entre os horizontes.

Apresenta estrutura angulosa a subangulosa, cor bruno-acinzentado, seguindo a Carta Munsell de Cores (2000), de cinza à marrom claro, isto é, 10YR (5/2).

Quanto ao uso agrícola e considerando a baixa fertilidade natural, drenagem acentuada, acidez e baixa capacidade de retenção de água, estes solos podem ser potencialmente utilizados para a agricultura em áreas de topografia plana.

Na área de estudo eles apresentam grandes extensões, ocupando as porções nordeste, sudeste, sul e oeste da Ilha do Maranhão (Mapa 7), totalizando 266,70 km², o equivalente a 28,05% da área.

Os Neossolos Quartzarênicos Órticos Alumínicos (RQoa) não apresentam horizontes genéticos definidos, com exceção do orgânico-mineral A. São solos predominantemente arenosos, de baixa fertilidade natural, elevada acidez e de baixa potencialidade agrícola (MARANHÃO, 1998f).

Na área de estudo, eles ocorrem na faixa costeira, nas áreas de praias, dunas, paleodunas, ocupando as mais diversas porções da Ilha do Maranhão e da ilha de Curupu, principalmente na porção norte destas ilhas, totalizando 31,13 km², o equivalente a 3,27% da área.

Em virtude de serem considerados como áreas de preservação permanente, os solos da zona costeira devem ser utilizados para os fins permitidos conforme a legislação em vigor.

Os Argissolos e os Neossolos, com exceção dos Neossolos Quartzarênicos Órticos Alumínicos (RQoa), estão associados à ocorrência dos sedimentos da Formação Barreiras e aos tabuleiros com topos planos e colinas esparsas e dissecadas da Ilha do Maranhão. Estes solos não ocorrem na ilha de Curupu.

Na área de estudo tem-se Gleissolos Háplicos (GX), alumínico e distrófico, caracterizados por serem mal drenados, hidromórficos, muito ácidos, pouco profundos, de textura arenosa e média arenosa, ocorrendo nas planícies fluviais. Em virtude dos objetivos deste trabalho, estes solos foram agrupados e espacializados como Gleissolos (GX).

Segundo Maranhão (1998f), identificou-se o solo em questão a partir de um perfil localizado no entroncamento da BR135-Coqueiro, no município de São Luís, o qual é pouco profundo (60 cm), mal drenado, sem erosão aparente e em relevo plano.

Possui sequência de horizontes A-Cg, com gradual transição entre os horizontes A e C. O horizonte A apresenta espessura de 20 cm, com textura arenosa, ligeiramente plástica, não pegajosa e com cor bruno forte. O horizonte C apresenta textura franco arenosa, ligeiramente plástica a não plástica, com cor variando de bruno acinzentado muito escuro à cinzentado.

Sobre o uso agrícola, estes solos apresentam fortes limitações pelo excesso de água e, por estarem localizados em áreas de preservação permanente, devem ser utilizados apenas segundo a legislação em vigor.

Em trabalho de campo, esta classe de solo foi identificada na MA 204, localizada à 02°30'02,9" S e 44°09'59,8" W, na área denominada de banho da Maioba, município de Paço do Lumiar.

É uma área de várzea, em planície fluvial, que condiciona um grande teor de umidade ao solo, sendo, portanto, mal drenado e encharcado, com o lençol freático muito próximo à superfície.

Existem muitas palmáceas no entorno e o ambiente está muito antropizado, fato observado devido à ocorrência de erosão laminar, desmatamento no entorno do canal de drenagem, assoreamento ao longo do canal fluvial e com abundância de matéria orgânica na água, pelo despejo direto dos efluentes domésticos das residências instaladas no local sem tratamento.

Quanto às características físicas, a cor deste material é de valor 10 YR (4/1), ou seja, cinzento escuro, típico dos Gleissolos, por conta da remoção do óxido de ferro, pela água e presença de matéria orgânica, principalmente raízes (Foto 19).



Foto 19 – Gleissolos – área de banho na Maioba, município de Paço do Lumiar
Fonte - Silva, 2012.

Este solo não possui o horizonte B diagnóstico e sua textura é caracterizada por apresentar areia franca; tem estrutura sub-angular, e as raízes das plantas tornam este solo

mais poroso. Quanto à consistência, o solo, quando seco, é ligeiramente duro; quando molhado, é firme.

Na área de estudo, os solos em questão estão relacionados à Formação Açuí e às planícies fluviais da Ilha do Maranhão (Mapa 7), totalizando 65,57 km², o equivalente a 6,90% da área.

Os Solos Indiscriminados de Mangues contêm altos teores de compostos de enxofre. Em virtude da variabilidade do nível da água pelas marés e com o processo de oxidação, eles se tornam muito ácidos e, quanto ao relevo, estão associados às planícies de maré.

“Quando o solo está saturado com água, o PH é alto, podendo se aproximar da neutralidade, porém quando o solo se seca, o PH pode atingir valores muito baixos” (MARANHÃO, 1998f, p. 157).

Estes solos são encontrados nas áreas que estão sob a influência das marés, na foz dos canais de drenagem, totalizando 192,35 km², o equivalente a 20,22% da área (Tabela 5).

Os Neossolos Quartzarênicos Órticos Alumínicos (RQoa) juntamente com os Gleissolos e os Solos Indiscriminados de Mangues formam os sedimentos quaternários retrabalhados da unidade litoestratigráfica denominada de Formação Açuí, caracterizada em capítulo anterior. Situados em áreas protegidas por lei, em virtude da grande fragilidade do ambiente, estes solos devem ser utilizados apenas segundo a legislação em vigor.

4.6 Ação humana

O ser humano está presente na paisagem geográfica (CASSETI, 1995) interferindo ou criando novos ambientes. Isto ocorre a partir da implantação de cidades, estradas, barragens, atividades agrícolas, da alteração da drenagem, da retirada da cobertura vegetal, do aterro de áreas para fins diversos e outros (ROSS, 1997).

Nesta perspectiva, afirma-se que a paisagem geográfica da Ilha do Maranhão foi e continua sendo bastante alterada em função das atividades humanas instaladas, desde o início do processo de ocupação, com a implantação do núcleo original da cidade de São Luís, ocorrido em 1612 (FERREIRA, 2000).

De acordo com Diniz (2007), a cidade de São Luís, capital do estado e maior cidade da Ilha do Maranhão, teve como ponto inicial de expansão e desenvolvimento um

promontório envolto pelos rios Bacanga e Anil e se expandiu em direção à leste, em virtude dos limites estabelecidos pela drenagem em questão (Figura 19).

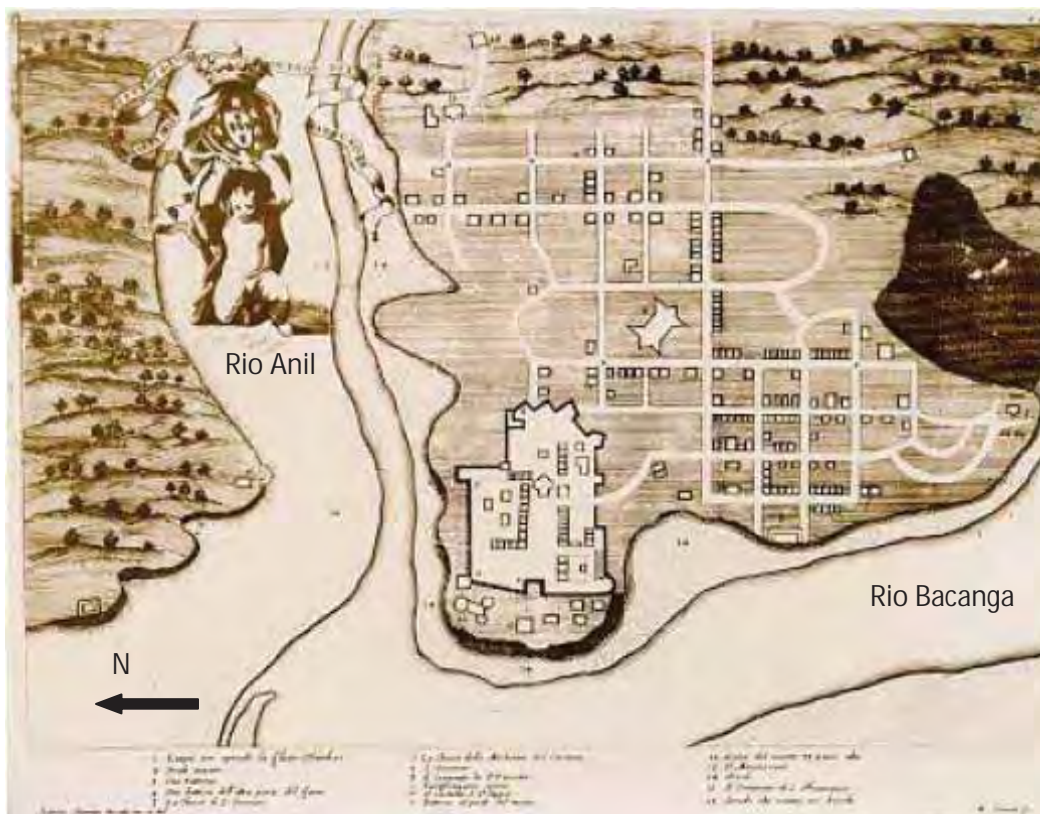


Figura 19 – Mapa holandês de São Luís de 1640
Fonte - Marques, 1996.

Fonseca Neto (2002) afirma que

a cidade de São Luís foi erguida sobre uma colina em uma ilha costeira, posição estratégica para controlar o acesso fluvial ao interior do território, de formato aproximadamente oval, com cerca de 50 km de comprimento, 25 km de largura e uma área total de 205 km². Uma das características fundamentais dessa área, apesar da pequena extensão de aproximadamente 8 km, é que ela converge para um estuário único, conformando um promontório na extremidade de uma quase península (p. 51).

A partir da instalação de São Luís, para Ferreira (2000), esta cidade foi configurada em quatro períodos temporais em virtude “... da articulação de fatores políticos, econômicos e sociais”. Estes períodos foram de 1612 a 1875, 1876 a 1950, 1951 a 1970 e 1971 a 1999 (p. 52).

O primeiro período foi marcado inicialmente pela implantação da cidade de São Luís, em 08 de setembro de 1612, enquanto colônia do Estado francês, denominada de França Equinocial, e pela instalação de benfeitorias consideradas necessárias para o desenvolvimento da política territorial definida.

Neste período, tem-se uma forte atuação do Estado como agente social, que objetivou estruturar a cidade nos aspectos espaciais, econômicos e sociais. Especialmente isto ocorreu por intermédio da implantação de ruas, cais, calçamento e construções, e da inserção de novos espaços através de aterros em áreas inundadas e desmontes nas porções mais movimentadas topograficamente.

Economicamente tem-se um aumento na acumulação de renda e de arrecadação de impostos, a partir da instituição do escambo e da instalação da Companhia do Grão-Pará e Maranhão em 1758, para a produção de cana-de-açúcar, arroz e algodão para a exportação (FERREIRA, 2000).

Nesta perspectiva, a cidade de São Luís possuía, nos séculos XVIII e XIX,

um sofisticado comércio, com lojas e mercados tradicionais que vendiam artigos, na maioria, importados. Naquela época, as famílias portuguesas mandavam buscar no reino, tudo de que necessitavam em termos de tecidos finos, louças de porcelana pura e talheres de prata; assim como móveis, artefatos para decoração e tudo mais quanto necessário para sustentar o luxo do momento Em meados do século XVIII, São Luís se constituiu num centro comercial expressivo, com fluxo razoável de mercadorias importadas. Através dos navios de grande porte, chegavam artigos, os mais refinados, vindos da Europa, a fim de atender o requinte da burguesia maranhense. Do mesmo modo, saíam da cidade, grandes carregamentos de produtos aqui cultivados, como arroz, algodão, entre outros (DINIZ, 2007, p. 168).

Do ponto de vista social, a cidade foi estruturada a partir da presença de militares, famílias portuguesas, missionários, colonos, indígenas Tupinambás, escravos negros e outros. Estes habitantes conviviam com uma segregação socioespacial instituída através da Lei nº 601/1850, que tratava da propriedade privada da terra em que não se podia conceder terra às pessoas que não tivessem condições de construir edificações nobres (FERREIRA, 2000).

No final deste primeiro período, de 1845 a 1870, ocorre uma crise econômica agroexportadora em virtude da queda de preço de produtos, como do algodão, por causa do fim do tráfico negreiro, quando então o Maranhão e a cidade de São Luís são atingidos. Em virtude desta crise, o capital comercial acumulado é investido na atividade industrial, especialmente na fiação de tecidos.

Do ponto de vista da ocupação, afirma-se que a cidade de São Luís era concentrada apenas na porção noroeste da ilha, no espaço compreendido entre os rios Anil e Bacanga.

Quanto à geomorfodinâmica, os processos que geram alterações nos sistemas físico-naturais são iniciados com a retirada da cobertura vegetal, a qual ocorre, a partir da fixação das comunidades num determinado local.

Neste sentido e com a implantação da cidade de São Luís na porção noroeste da Ilha do Maranhão, inicia-se a aceleração dos processos modeladores das paisagens geomorfológicas, com ênfase à erosão que por sua vez, gera o aumento do escoamento superficial, nos períodos chuvosos, da compactação e impermeabilização do solo e redução da infiltração, diminuindo a recarga dos aquíferos.

O segundo período que vai de 1876 a 1950 é caracterizado por três fatos. O capital industrial é concentrado inicialmente no setor têxtil, entre 1876 a 1930 e depois, no de óleo vegetal, entre 1925 a 1948. Isto gerou empregos e uma

... expansão/reprodução espacial da cidade, tendo em vista que paralelo às cinco unidades de produção têxtil (50% do total) são construídas vilas operárias, o que revalorizou as áreas então selecionadas, ou seja, o Centro Histórico e o Anil em que se localizavam quatro e uma unidade, especificamente” (FERREIRA, 2000, p. 53).

O segundo fato se refere à ocupação de áreas de manguezais por parte da população anteriormente escrava e recém-liberta, que, absorvida pela indústria têxtil e não tendo acesso à terra, em virtude da Lei nº 601/1850, ocupa áreas inapropriadas ao uso residencial e sem infraestrutura.

Defende-se que este fato histórico tenha deflagrado o processo de ocupação das áreas das planícies de maré, por parte das populações de baixa renda e apesar de tantos anos passados, tal situação ainda pode ser observada na Ilha do Maranhão (Foto 20).



Foto 20 – Palafitas na planície de maré da Vila Palmeira, São Luís
Fonte - Curso de Arquitetura, 2009.

Como terceiro e último fato do período em questão, Ferreira (op. cit) aponta que, crescendo de forma horizontal, linear e lenta, no sentido Centro Histórico-Anil, e com uma renda acumulada e arrecadação de impostos, obtiveram-se, na cidade de São Luís, equipamentos “como bonde (1871), chafariz público (1874), telefone (1890), energia a gás carbônico (1907), luz e tração elétrica (1918)...” (p. 54).

Entre 1951 e 1970, terceiro período, o desemprego é um dos principais problemas de São Luís. Devido à baixa cotação do algodão e do babaçu no mercado internacional, as indústrias de tecido e de óleo vegetal entram em declínio.

O Estado passa a ser investidor na oferta de empregos e a atuar como promotor imobiliário, através da construção de unidades residenciais. Entre 1953 a 1970, são edificadas pela política habitacional estadual e federal, 3.382 unidades residenciais. Ao mesmo tempo, as populações que ocupam as áreas impróprias, como os manguezais, não recebem apoio do Estado (FERREIRA, 2000).

Em virtude dessa expansão urbana, tem-se a construção de duas pontes sobre o rio Anil (a Governador José Sarney e a Desembargador Newton Bello) e uma barragem sobre o rio Bacanga em São Luís, objetivando facilitar a mobilidade das pessoas e mercadorias.

Sabendo que obras deste porte alteram a paisagem do lugar, afirma-se que as morfologias nestas áreas também foram modificadas, haja vista a mobilização dos sedimentos e alteração da drenagem, principalmente na construção da barragem sobre o rio Bacanga.

O quarto período identificado que configurou a cidade de São Luís foi de 1971 a 1999 e se caracterizou por importantes aspectos, descritos a seguir. A União, como proprietária da maioria das terras da capital estadual, cedeu-as para a esfera estadual e municipal, objetivando a implantação de planos, programas e projetos relacionados ao espaço urbano.

A cidade de São Luís foi inserida no Programa Nacional de Capitais e Cidades de Porte Médio, o qual está vinculado à Política Nacional de Desenvolvimento Urbano. Tal fato não gerou os resultados esperados relacionados à minimização dos problemas urbanos encontrados na área.

Foram construídas mais 30.409 casas na cidade, especializadas em 55 conjuntos residenciais, através da ação do Estado como promotor imobiliário. Isto revalorizou terras, desencadeando a ação dos especuladores através da implantação de loteamentos, mas não resolveu o problema do déficit habitacional e nem impediu a instalação de palafitas nas áreas de inundação e o crescimento horizontal da cidade, a partir da expansão das áreas de ocupação, totalizando 84, entre 1974 e 1998 (FERREIRA, 2000).

Através da política territorial e do capital industrial nacional e internacional, tem-se, vinculado ao Programa Grande Carajás, a implantação de dois grandes empreendimentos no município de São Luís em 1980, a Companhia Vale e a Alumar (Consórcio Alumínio do Maranhão) que viabilizaram a implantação do distrito industrial de São Luís, que, por sua vez, está articulado aos portos localizados na porção oeste da Ilha do Maranhão, hoje inseridos no Complexo Industrial e Portuário de São Luís – Itaqui e os terminais privados da Ponta da Madeira (Companhia Vale) e da Alumar – Itaqui.

Estes empreendimentos foram beneficiados em virtude da boa situação geográfica de São Luís em relação ao mercado externo, das ótimas condições portuárias da baía da São Marcos, da boa infraestrutura rodoferroviária, articuladora da cidade às outras macrorregiões do Brasil, da proximidade do distrito industrial em relação à área urbana do município, e ainda da política de incentivos fiscais.

Apesar do incremento populacional ocorrido e dos atrativos anteriormente citados, estes empreendimentos não geraram melhoria da renda para grande parte da população local, mas acirraram ainda mais as contradições existentes no município e área adjacentes, uma vez que desencadeou a especulação imobiliária.

Como consequência morfodinâmica dessas ações humanas, houve uma ampla retirada da cobertura vegetal, instalação de aterros nas áreas de planície de maré e planícies fluviais, retirada de materiais nas áreas tabulares pouco ou muito dissecadas, assoreamento de canais de drenagem, alterações até hoje observadas na ilha em função da expansão ocorrente (Figuras 20 e 21).

A retirada da cobertura vegetal e a expansão de área ocupada e dos solos expostos modificaram a paisagem na Ilha do Maranhão, uma vez que

... em 1988 existia um pouco mais de 600km² com vegetação, aproximadamente 250km² de área ocupada e solo exposto e 50km² de águas superficiais. Após 20 anos de intensos processos de urbanização (2008), resultado do crescimento dos grandes projetos econômicos, expansão imobiliária, aumento das ocupações desordenadas, exploração mineral e vegetal entre outros usos, existia o equivalente a 500km² de área com vegetação e quase 350km² de área ocupada e solo exposto, demonstrando uma perda de vegetação de 25%, aproximadamente (IMESC, 2011, p. 32).

Por outro lado, deu-se a melhoria da infra-estrutura urbana de São Luís através da instalação de shopping centers, da verticalização da cidade e do crescimento dela no setor norte, denominado de “Novo Pólo Urbano” (FERREIRA, 2000).

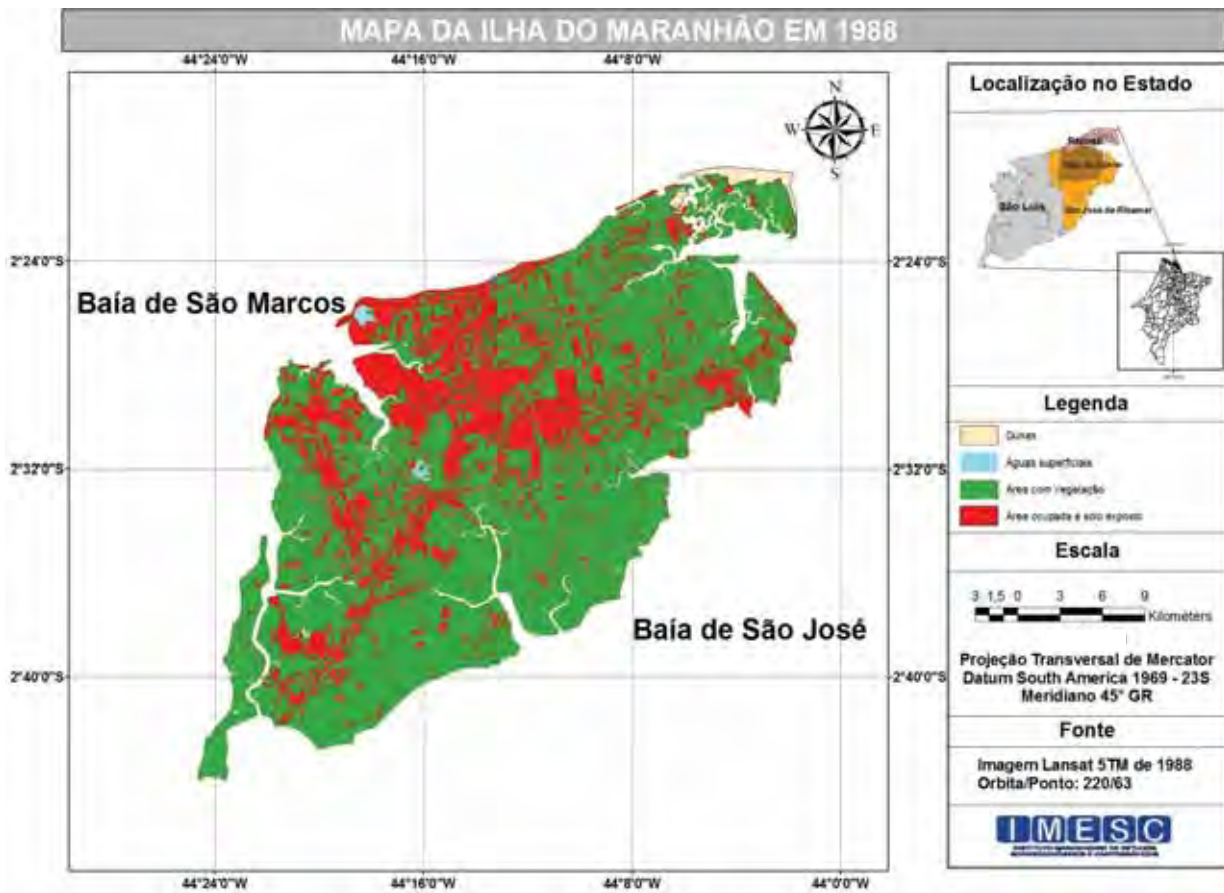


Figura 20 – Área ocupada e solo exposto na Ilha do Maranhão em 1988
Fonte - Imesc, 2011.

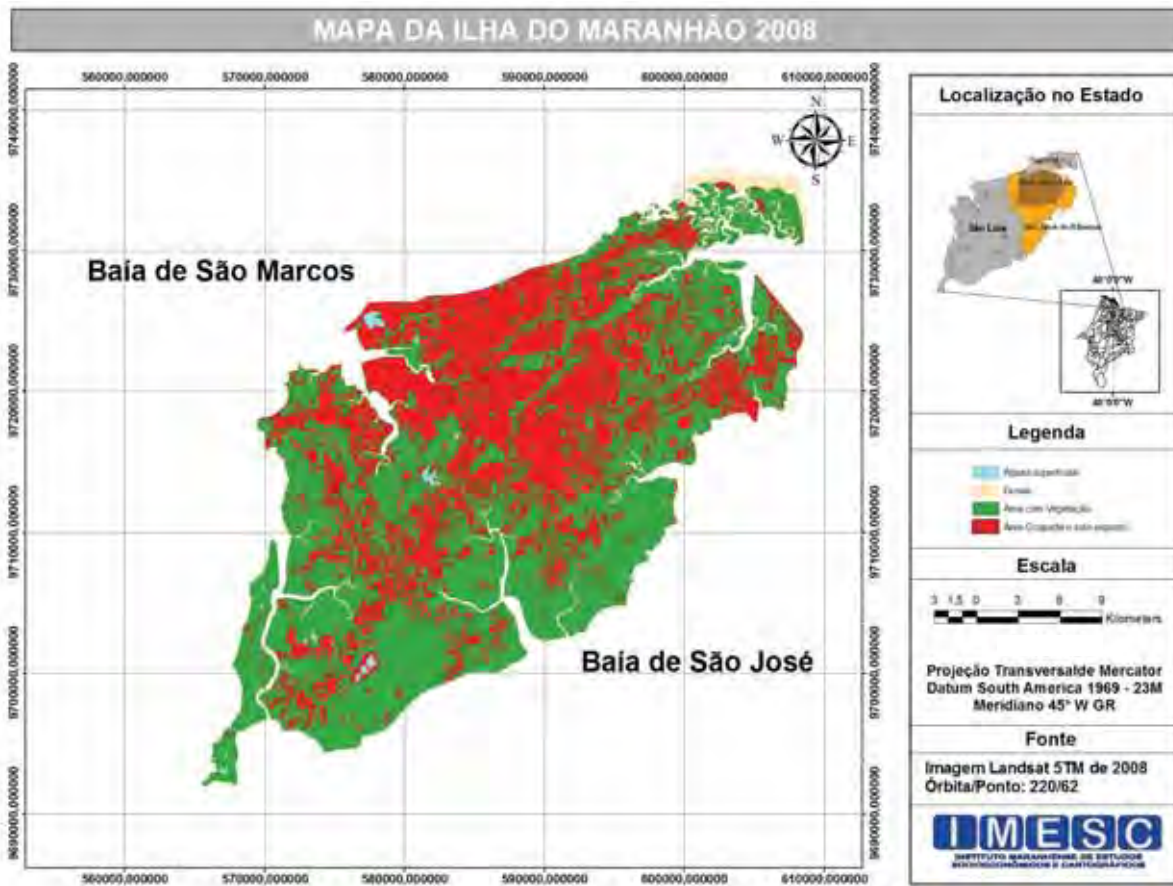


Figura 21 – Área ocupada e solo exposto na Ilha do Maranhão em 2008
Fonte - Imesc, 2011.

Segundo dados do IBGE e a análise realizada por Diniz (2007), 87,1% da população de São Luís era urbana e apenas 12,9%, rural, em 1960. Na década seguinte, ocorre um acréscimo 67,7% da população total; 77,3% da população é urbana, enquanto 22,7% é rural (Quadro 7).

Quadro 7 – Crescimento populacional do município de São Luís, 1960-2010

Recenseamento	População Residente		
	Total	Urbana	Rural
1960	158.292	137.820	20.472
1970	265.486	205.413	60.073
1980	449.877	404.252	45.625
1991	695.371	246.213	448.986
2000	870.028	837.584	32.444
2010	1.014.837	955.600	56.343

Fonte - IBGE, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2012.

No ano de 1980, o aumento populacional é de 69,4%, com 89,8% dos habitantes vivendo na área urbana e 10,2% na rural. Em 1991, esse aumento é menor que na década anterior, ou seja, 54,5%.

Diniz (2007) defende que algumas áreas da cidade de São Luís foram consideradas como rurais, gerando para estas áreas um aumento de 64,5% e para a população urbana, 35,5%.

Em 2000, o aumento demográfico é de 25,1%, sendo que a população urbana tem um acréscimo de 96,3%. Para Diniz (2007), houve nesta década, uma intensa ocupação das áreas próximas à São Luís, pertencentes aos municípios de Paço do Lumiar, São José de Ribamar e Raposa. Em 2010, do total de habitantes de São Luís, 94,42% reside nas áreas urbanas e 5,57%, nas rurais.

No quadro 8, a população total da Ilha do Maranhão, em 2007 é de 1.211.270 habitantes, sendo que deste total, 79,05% residem no município de São Luís, 10,85% em São José de Ribamar, 8,11% em Paço do Lumiar e 1,99% em Raposa (IMESC, 2009).

Quadro 8 – População residente nos municípios da Ilha do Maranhão, 2000-2007

Municípios	População Residente		
	2000	2007	2010
Paço do Lumiar	76.188	98.175	105.121
Raposa	17.088	24.201	26.327
São José de Ribamar	107.384	131.379	163.045
São Luís	870.028	957.515	1.014.837
Ilha do Maranhão	1.070.688	1.211.270	1.309.330

Fonte - IMESC, 2009; IBGE, 2012.

Em 2010, de um total de 1.309.330 habitantes, 77,50% residiam no município de São Luís, 12,45% em São José de Ribamar, 8,03% em Paço do Lumiar e 2,01% em Raposa, o que confirma uma ainda grande concentração populacional no município de São Luís.

Tesh (2011) defende que a população migrante tem optado por fixar residência no município de São José de Ribamar em virtude da proximidade deste com a Capital (31,4 km) e do mais baixo custo de vida, em relação ao da capital.

O espaço urbano de São Luís é organizado de acordo com o preço do solo e

Um terreno bem localizado é um passaporte visado para o seu proprietário: ele tem acesso à cidade, ou seja, às infra-estruturas públicas (água encanada, iluminação, linhas telefônicas, sistemas de transportes), aos centros comerciais e locais de trabalho, às escolas e hospitais (DINIZ, 2007, p. 172).

Como grande parte da população não tem acesso a estas áreas, os loteamentos e ocupações têm se expandindo horizontalmente, utilizando áreas impróprias ao uso residencial, como as vertentes íngremes, os fundos de vale e as planícies de maré.

Nessas áreas, os serviços públicos são extremamente deficientes como arreamento desordenado, transportes coletivos precários, pouca ou total ausência de estrutura sanitária, instalação elétrica clandestina, ausência de escolas, hospitais, postos de saúde, áreas de lazer e outros.

É comum observar resíduos sólidos nas ruas, em terrenos baldios, nos fundos dos vales ou queimados no próprio quintal. Os mesmos canais de drenagem que acolhem o esgoto doméstico, sem nenhum tratamento, são muitas vezes a única fonte de abastecimento de água das mesmas famílias, o que configura não apenas um problema ambiental, mas socioambiental e econômico.

Atualmente a Ilha do Maranhão abrange quatro municípios, São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, os quais apresentam os mais diversos tipos de uso/cobertura da terra, relacionados às atividades urbanas e rurais.

5 O RELEVO DA ILHA DO MARANHÃO

O relevo é o produto das inter-relações entre litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera que atuam concomitantemente sobre a Terra.

Nesta perspectiva, sabendo que diversos processos agem em cada um destes sistemas e também na interconexão entre eles, Christofolletti, afirmou que os “... processos endógenos e exógenos interagem para produzir as formas da superfície terrestre...” (1980, p. 21).

O capítulo 4 tratou dos aspectos relacionados à área de estudo, como a formação do Golfão Maranhense (aspectos estruturais) e a modelagem das geoformas através do clima, dos agentes oceanográficos, da drenagem e da ação humana.

Tratou também da caracterização das classes de solos na área de estudo, uma vez que estes também resultam da interação entre material de origem, relevo, tempo, clima e organismos.

Este capítulo se refere à análise do relevo da Ilha do Maranhão, considerando a morfoestrutura e as morfoesculturas, a partir da abordagem taxonômica (Apêndice B).

5.1 A Morfoestrutura e a Morfoescultura da Ilha do Maranhão

Todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação dos processos exógenos pretéritos e atuais que atuou e atua nessa estrutura.

Assim, defende-se que as formas de relevo podem ser agrupadas de acordo com as suas características relativamente homogêneas, associadas aos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura desenvolvidos por Gerasimov e Mescherikov (1968) e aplicados por Ross (1992, 1994, 1996 e 1997) e Ross e Fierz (2005).

Ross e Fierz (2005) fazem referência a seis níveis taxonômicos: unidades morfoestruturais, unidades morfoesculturais, unidades de padrões de formas semelhantes, formas individualizadas ou tipos de formas de relevo, tipos de vertentes e pequenas formas de relevo.

As unidades morfoestruturais correspondem ao táxon maior e se definem pelos tipos genéticos de agrupamentos de litologia e seus arranjos estruturais que determinam as formas de relevo.

A morfoestrutura é definida pelas grandes formas do relevo da superfície dos continentes e do fundo dos oceanos e têm uma relação genética com a estrutura e os movimentos da crosta terrestre.

Segundo Schobbenhaus (1984), toda a Ilha do Maranhão pertence à bacia costeira de São Luís que aqui é considerada como correspondente ao primeiro nível taxonômico das unidades morfoestruturais, já caracterizada no capítulo anterior.

As unidades morfoesculturais, que compõem o segundo táxon, correspondem aos conjuntos de formas de relevo que guardam as mesmas características genéticas de idade e de semelhança dos padrões do modelado.

É o modo como o relevo se apresenta frente à zonalidade e aos processos exógenos, ou seja, ao desgaste sofrido por erosão, que esculpe as formas das colinas, morros e topos, entre outros. A ação humana também altera a morfoescultura.

Na área de estudo, há apenas uma unidade morfoescultural relativa ao 2º táxon, ou seja, o Golfão Maranhense. Este apresenta extensas várzeas inundáveis, caracterizadas por uma área rebaixada e alagadiça dos estuários afogados dos rios Munim, Itapecuru, Mearim e Pindaré, incluindo a planície de Perizes (RODRIGUES et al, 1994) apresentando no centro a Ilha do Maranhão e outras ilhas menores (Figuras 22 e 23).

Feitosa (1998) afirma que as águas da baía de São Marcos e São José que formam o Golfão Maranhense têm muita influência no modelado da Ilha do Maranhão, em virtude da penetração da lâmina d'água nos igarapés e da amplitude média das marés na área, que varia em torno de 6 (seis) metros.

O referido Golfão consiste num grande e complexo sistema estuarino, de Formação Pleistocênica, que encerra baías, estuários, estreitos, igarapés, enseadas, inúmeras ilhas, uma vasta área de manguezal, falésias, pontais rochosos, praias de areia quartzosas, dunas e paleodunas, planícies de marés, dentre outras. Comunica-se com Oceano Atlântico através da abertura compreendida entre a baía de Cumã e a baía dos Tubarões, se continentaliza por meio da baía de São Marcos e São José. A Ilha do Maranhão, composta pelos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, ocupa a parte central do Golfão, banhada pelas águas da baía de São Marcos e São José, comunicando-se com o continente através do estreito dos Mosquitos, que conjuntamente com o estreito dos Coqueiros une as massas aquosas da baía de São José com as da baía de São Marcos (SANTOS et al, 2004, p. 1-2).

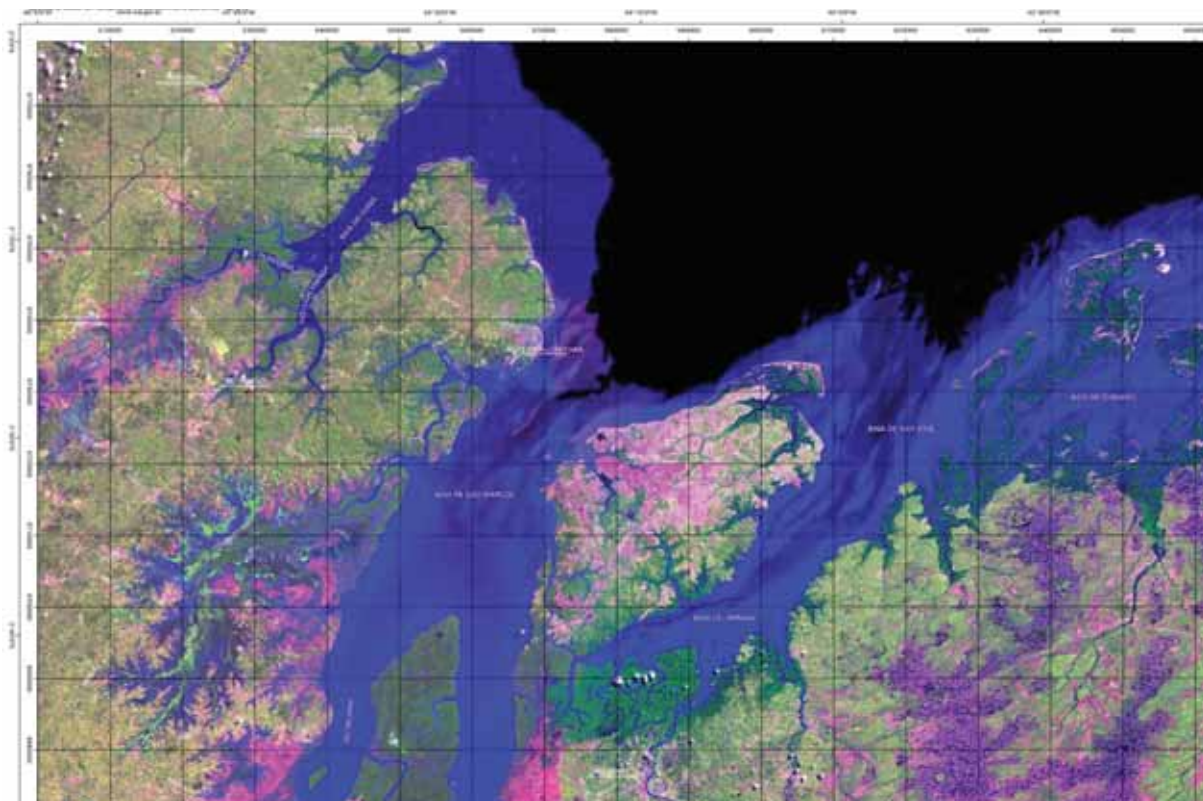
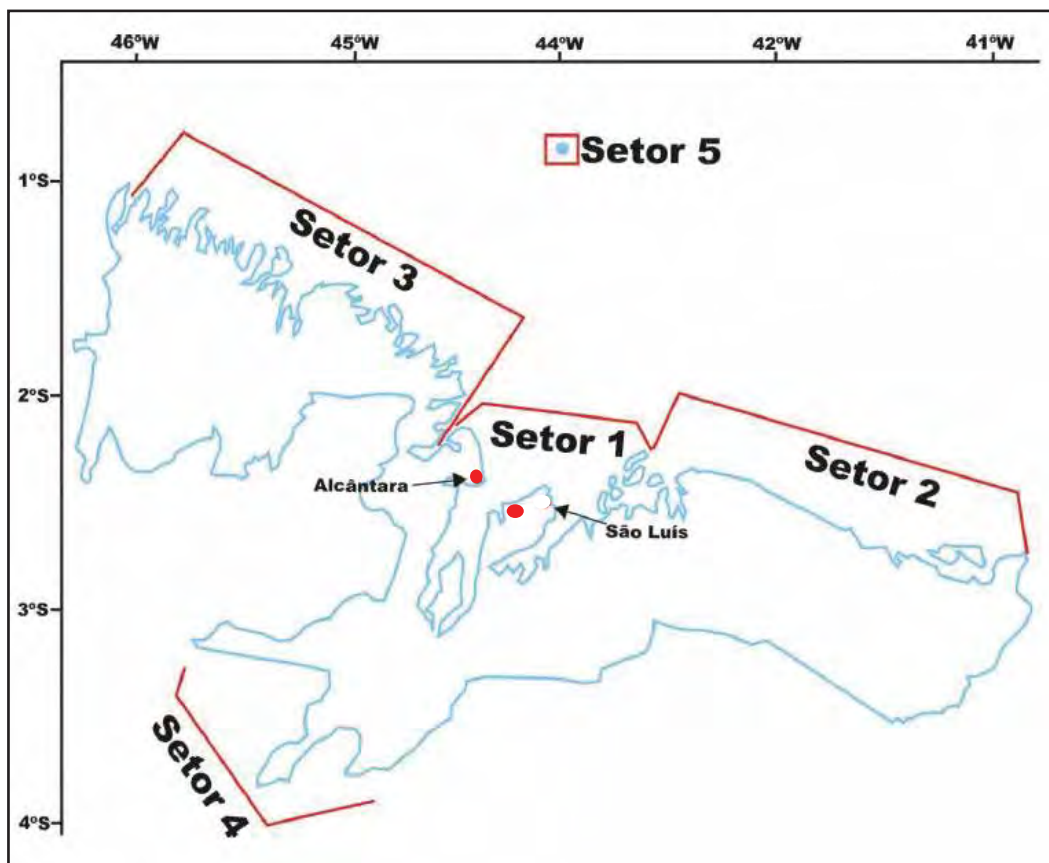


Figura 22 – Carta-imagem do Golfão Maranhense
Fonte - Maranhão, 2000.



Setor 1 – Golfão Maranhense

Setor 2 – Litoral oriental

Setor 3 – Litoral ocidental

Setor 4 – Baixada Maranhense

Setor 5 – Parcel Manoel Luís

Figura 23 – Setorização da Zona Costeira do Estado do Maranhão

Fonte - El-Robrini et al, 2006.

Com a largura atual de 135,72 m, o estreito dos Mosquitos (Foto 21), juntamente com o estreito dos Coqueiros (largura atual de 192,72 m) viabilizam a circulação das águas do Golfão Maranhense, entre as baías de São Marcos e de São José.

Para Bloom (1972), a costa consiste em uma zona onde há interferência de terra, mar e ar, sendo quase uma linha, estreita em largura e altura, mas grande em extensão. Para este autor, a zona costeira inclui a faixa estreita de terra sob a influência do mar e, a de mar, sujeita à influência de terra.

Em se tratando de zona costeira e de acordo com Suguio (1992, p. 36), o termo costa se refere à

Faixa de terra de largura variável, que se estende da linha de praia (shoreline) para o interior do continente até as primeiras mudanças significativas nas feições fisiográficas... Esta faixa varia normalmente de alguns quilômetros a algumas dezenas de quilômetros. Conforme a configuração geral pode-se falar em costa rasa (com praia) ou costão (com falésia).



Foto 21 – Estreito dos Mosquitos em preamar
Fonte - UFMA, 2009.

Este mesmo autor defende que zona costeira é a área ocupada por águas costeiras e terras emersas adjacentes e em constante interação (op. cit.). Assim, toda a área-objeto de estudo está situada na zona costeira do Golfão Maranhense, caracterizada por ser uma costa mista, isto é, com planícies costeiras e costas de erosão marinha (ZEMBRUSKI et al, 1971 apud EL-ROBRINI et al, 2006).

As planícies costeiras apresentam baixo gradiente, margeiam os grandes corpos aquosos como os mares e representam as “... faixas de terra recentemente emersas, compostas por sedimentos marinhos e flúvio-marinhos, em geral de idade quaternária” (SUGUIO, 1992, p. 96).

Segundo Muehe (1998, p. 287), as planícies costeiras são morfologias “... relativamente planas, baixas, localizadas junto ao mar, e cuja formação resultou da deposição de sedimentos marinhos e fluviais”.

As planícies costeiras constituídas por sedimentos terciários e quaternários acumulados em ambientes continentais, transicionais e marinhos são mais conspicuamente desenvolvidas em torno de desembocaduras dos grandes rios, onde tem sido maior o suprimento sedimentar de clásticos terrígenos” (VILLWOCK et al, 2005, p. 102).

As costas de erosão marinha são aquelas que apresentam, como principais feições, as falésias marinhas (também denominadas de falésias costeiras) e as bancadas de abrasão (op.cit.).

Apesar de ser considerada como uma costa mista, El-Robrini et al (2006) acrescenta que a Ilha do Maranhão (incluindo a ilha de Curupu) apresenta dois tipos de costa, isto é, costa sub-retilínea e costa recortada.

A primeira é caracterizada pela presença de praias arenosas e dunas e está situada na porção norte da área. A costa recortada apresenta “falsas rias”, uma vez que as desembocaduras dos canais fluviais foram afogados pelo aumento do nível relativo do mar, as planícies de maré colonizadas pela vegetação de mangue e várias outras morfologias (detalhadas posteriormente) que geram um aspecto não retilíneo e muito recortado.

Quanto aos processos litorâneos e conforme Rosseti (2008), a área de estudo, de igual modo, pode ser classificada como tendo uma costa retrativa, também denominada de transgressiva. Este tipo de costa é caracterizado pelo desenvolvimento de sistemas deposicionais estuarinos, com predomínio de processos de ondas e marés.

Retomando o que Santos et al (2004) escreveu sobre o Golfão Maranhense, como um “... grande e complexo sistema estuarino ...” (p. 1), pode-se afirmar que estuário é “... um corpo de água semifechado no qual ocorre mistura de processos fluviais e marinhos...” (ROSSETI, 2008, p. 263), relacionado muitas vezes ao afogamento dos vales fluviais, com diluição significativa da salinidade por causa do afluxo de água doce (SUGUIO, 1992).

Nesta perspectiva e numa visão espacial, os estuários são, na zona costeira, um prolongamento do sistema fluvial, apresentando uma morfologia alongada, definindo como limite continental do estuário a zona de máxima influência das correntes de maré (ROSSETI, 2008).

Quanto à distribuição da energia total produzida pelos processos fluviais e marinhos dos estuários, estes podem ser setorizados em três unidades, isto é, uma interna, uma central e uma externa (op.cit.).

O setor interno é caracterizado pelo predomínio dos processos fluviais, com pequena atuação das ondas e correntes de maré. No central, dá-se o equilíbrio entre os processos marinhos (correntes de maré) e os fluviais, sendo as águas denominadas de salobras, por terem salinidade mista. O predomínio dos processos marinhos é a característica marcante do setor externo.

Em relação à interação dos fluxos e conforme Rosseti (2008), os estuários podem ser classificados como dominados por ondas ou por marés. No primeiro caso, eles ocorrem

em geral nas costas com regimes de micro e mesomaré sendo os setores bem distintos, com duas áreas de maior energia, isto é, uma localizada na desembocadura e a outra, na cabeceira do estuário.

Já os estuários dominados por maré ocorrem predominantemente em costas com regime de macromaré caracterizadas por terem grande amplitude de maré e baixa influência de onda e, conforme a classificação de El-Robrini et al (2006), são costas recortadas.

A partir da literatura especializada, da observação das imagens orbitais e dos trabalhos de campo realizados, foram identificadas diversas morfologias ocorrentes na área de estudo, as quais estão relacionadas aos tipos de costas supracitadas, às morfologias agradacionais e às denudacionais, referentes às unidades morfoesculturais do terceiro e quarto níveis taxonômicos, unidades também denominadas de padrões de formas semelhantes e tipos de formas de relevo.

Os processos denudacionais elaboram as formas esculturais do relevo através da dissecação; já os processos agradacionais modelam formas de relevo por deposição de sedimentos. Estas morfologias estão espacializadas no Apêndice B e citadas na tabela 6 com valores areais absolutos e relativos.

Considerando o tipo de estuário do Golfão Maranhense, o tipo de costa recortada e as morfologias agradacionais, observam-se na área de estudo, morfologias em forma de funil, planícies de maré e mangue²⁷, barras de maré ou barras de areia alongadas e canais de maré.

De acordo com Rosseti (2008), a morfologia alongada, como a de um funil, é resultante dos estuários dominados por maré e é caracterizada por ser larga na foz, “... com estreitamento em direção ao sistema fluvial” (p. 26).

Na área de estudo, esta geoforma é mais facilmente observada durante a maré alta, uma vez que, na baixamar há uma diminuição da área ocupada pela lâmina d’água, em virtude do pequeno aporte fluvial e do processo de sedimentação que ocorre das desembocaduras (Figuras 24 e 25).

As planícies de maré correspondem às áreas que permanecem grande parte do tempo submersas, muito rasas e passíveis de serem observadas em imagens de alta resolução (ROSSETI, 2008).

Segundo Press et al (2006, p. 438) as planícies de maré são “áreas lamosas ou arenosas que estão acima da maré baixa, mas que são inundadas na maré alta”.

²⁷ Neste trabalho optou-se por denominá-las de planícies de maré porque a literatura especializada afirma que estas planícies são cobertas pela vegetação de mangue (SUGUIO, 1992).

Tabela 6 – Padrões das formas de relevo da Ilha do Maranhão e de Curupu

Padrões de formas de relevo	Área	
	(km ²)	(%)
Relevos agradacionais - A	302,18	31,79
Apm - Formas de planície de maré	201,47	21,19
Apa – Formas de apicum	5,33	0,56
Apd - Formas de praias arenosas e dunas	17,42	1,83
App – Formas de paleodunas	8,43	0,89
Atm - Formas de terraços marinhos	4,07	0,43
Apf - Formas de planície fluvial	65,46	6,89
Relevos denudacionais - D	616,98	64,91
Dc – Formas tabulares com topos planos	148,66	15,64
Dc – Formas com colinas esparsas	358,58	37,72
Dv – Formas de vertentes	109,74	11,54
Água	31,40	3,30
Total	950,56	100

Considerando as características das geoformas da área de estudo, pode-se afirmar que este conceito é considerado inadequado e não caracteriza as planícies de maré, uma vez que as praias também são morfologias planas localizadas entre as baixas e altas marés.

Rosseti (2008) afirma que as planícies de maré são morfologias deposicionais ocorrentes em costas planas a suavemente inclinadas, de baixa energia, em áreas de macromarés em que a ação morfodinâmica da maré é superior à das ondas. Estas planícies ocorrem nas costas lineares dos sistemas deposicionais costeiros.

Para Suguio (2003), os sedimentos são depositados na porção superior dessas planícies durante as marés de sizígia e dificilmente são retrabalhados na maré de baixa-mar.

A composição argilosa das planícies de maré favorece a percolação do fluxo em sua superfície, devido à baixa permeabilidade, resultando no estabelecimento de canais de maré, que podem formar uma trama meandrante bastante complexa. Esses canais transportam sedimentos em direção à costa, processo que contribui para a agradação das planícies de maré (ROSSETI, 2008, p. 272).



Figura 24 – Sistema de drenagem com morfologia de funil na foz do rio Jeniparana, na porção sudeste da Ilha do Maranhão, durante a maré alta
Fonte – Imagem de satélite Landsat, 1984.

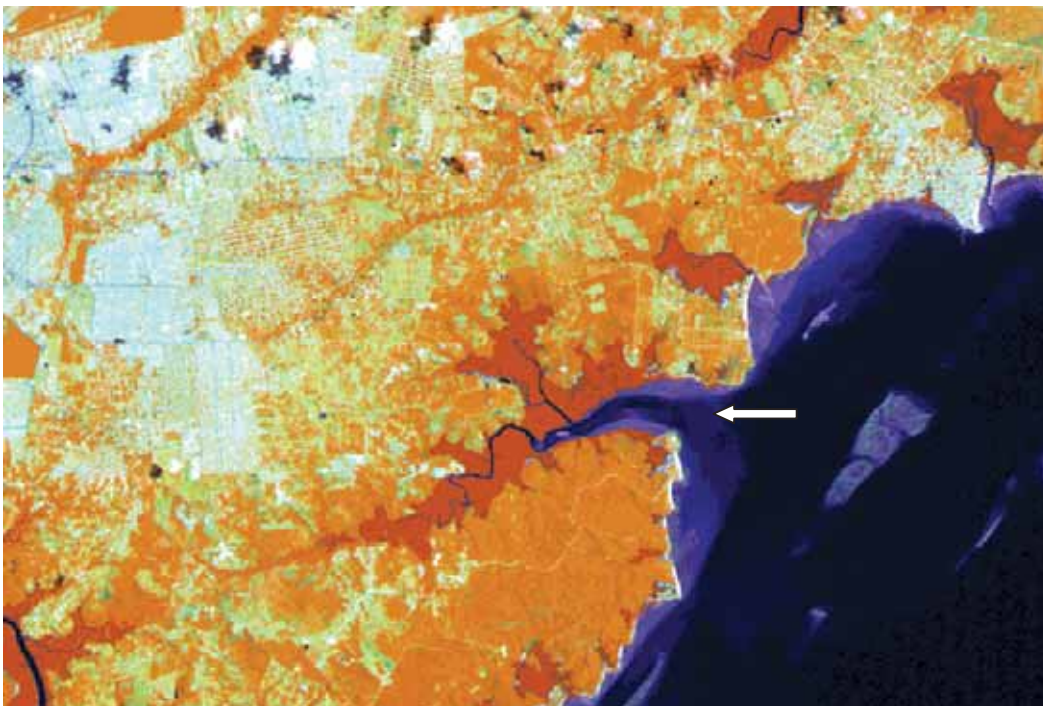


Figura 25 – Sistema de drenagem com morfologia de funil na foz do rio Jeniparana, na porção sudeste da Ilha do Maranhão, durante a maré baixa
Fonte – Imagem de satélite Landsat, 2008.

A literatura especializada afirma que as planícies de maré podem ser subdivididas em três áreas, a saber, inframaré, intermaré e supramaré (ROSSETI, 2008; SUGUIO, 2003). A zona de supramaré é aquela que está situada acima do nível de influência da maré, sendo afetada apenas nas marés mais altas (sizígia).

Localizada entre as zonas de supramaré e de inframaré, a zona de intermaré é, segundo Rosseti (2008, p. 272), aquela exposta na baixa-mar em que há sedimentação “...por acréscimo lateral e agradação”.

É nesta zona que a vegetação de mangue se instala (Figuras 26 e 27), uma vez que “... é capaz de se manter em ambientes salinos, por secretar o excesso de sal através das folhas ou por filtrar o sal em seu sistema radicular (op. cit., p. 272).

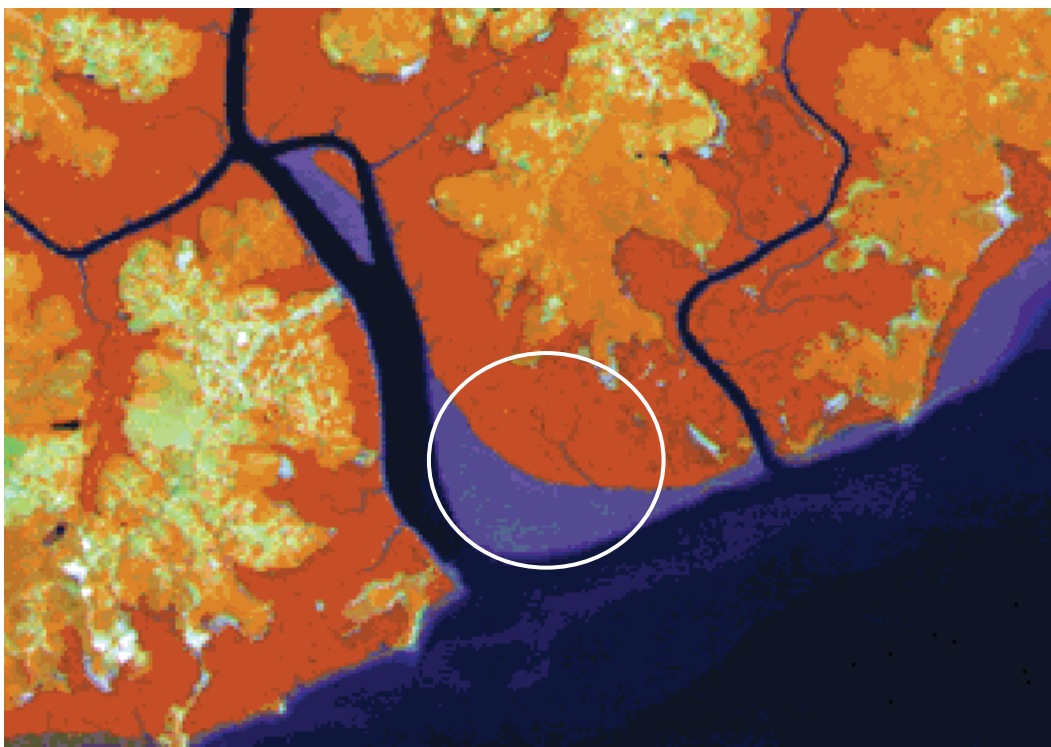


Figura 26 – Zona de intermaré da planície de maré na foz do rio Tibiri, durante a maré de vazante, na porção sudeste da Ilha do Maranhão
Fonte – Imagem de satélite Landsat, 2008.

A zona de inframaré está situada abaixo da linha da maré baixa, na região subaquosa e compreende predominantemente, sedimentos arenosos depositados por acréscimo lateral.



Figura 27 – Zona de intermaré da planície de maré na foz do rio Tibiri, durante a maré alta, na porção sudeste da Ilha do Maranhão
 Fonte – Imagem de satélite Landsat, 1984.

Apesar de as planícies de maré do Estado do Amapá estarem inseridas no tipo de costa linear, em virtude da configuração destas geoformas no estado citado (ROSSETI, 2008), no Golfão Maranhense e especificamente na Ilha do Maranhão e de Curupu, as planícies de maré configuram a costa recortada, devido à morfologia em reentrâncias do sistema estuarino em questão (Fotos 22 e 23).

Numa área de planície de maré, situada à 4 km do Centro Histórico de São Luís (COELHO, 2002) e localizada na porção noroeste da Ilha do Maranhão, encontra-se a Laguna da Jansen (Figura 28), de origem antrópica, formada em meados da década de 1970 em virtude “... de aterros efetuados durante o plano de urbanização das praias da Ponta d’Areia...” (COSTA, CASTRO E COSTA, 2008, p. 2).

Segundo Coelho (2002), a Laguna da Jansen, comumente denominada pela população local de “Lagoa da Jansen”, foi gerada pelo represamento dos igarapés Ana Jansen e Jaracaty provocado pelas construções das avenidas Colares Moreira e Maestro João Nunes, para facilitar o acesso da população desta área ao bairro São Francisco.



Foto 22 – Planície de maré em frente à baía do Curral, no município de Raposa
Fonte - Silva, 2011.



Foto 23 – Planície de maré nas duas margens do rio Anil
Fonte - Rio Branco, 2011.

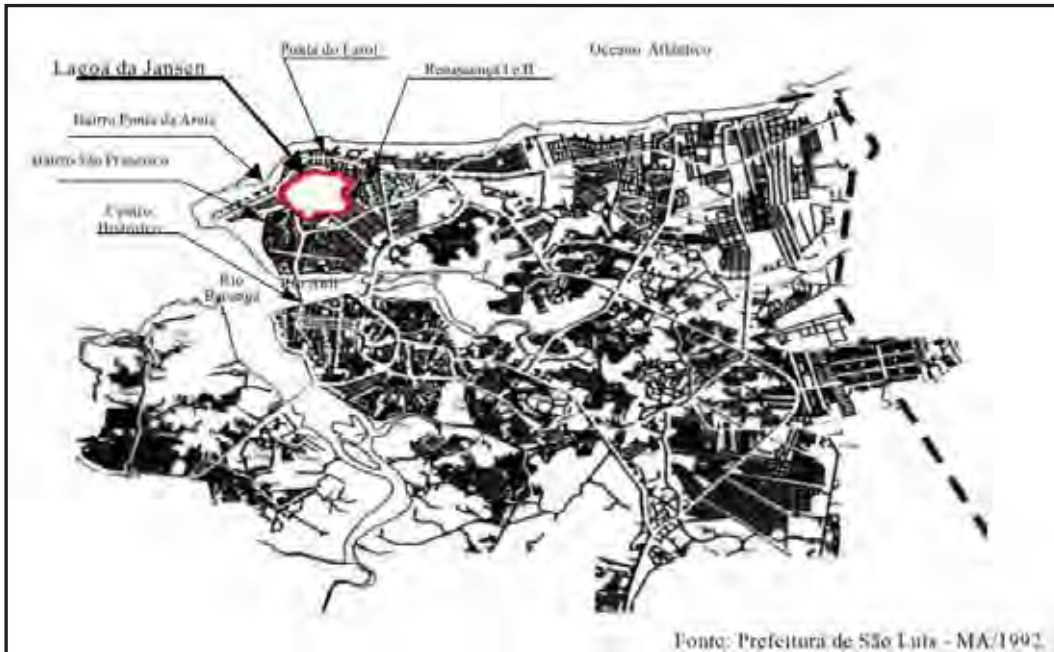


Figura 28 – Mapa de localização da Laguna da Jansen
 Fonte - Coelho, 2002.

De acordo com Coelho (2002) e Costa, Castro e Costa (2008), a ligação com o mar se dá por meio de canais de drenagem apenas durante as marés de grande altura, ou na época das chuvas quando o nível das águas da laguna fica mais elevado (Fotos 24 e 25).

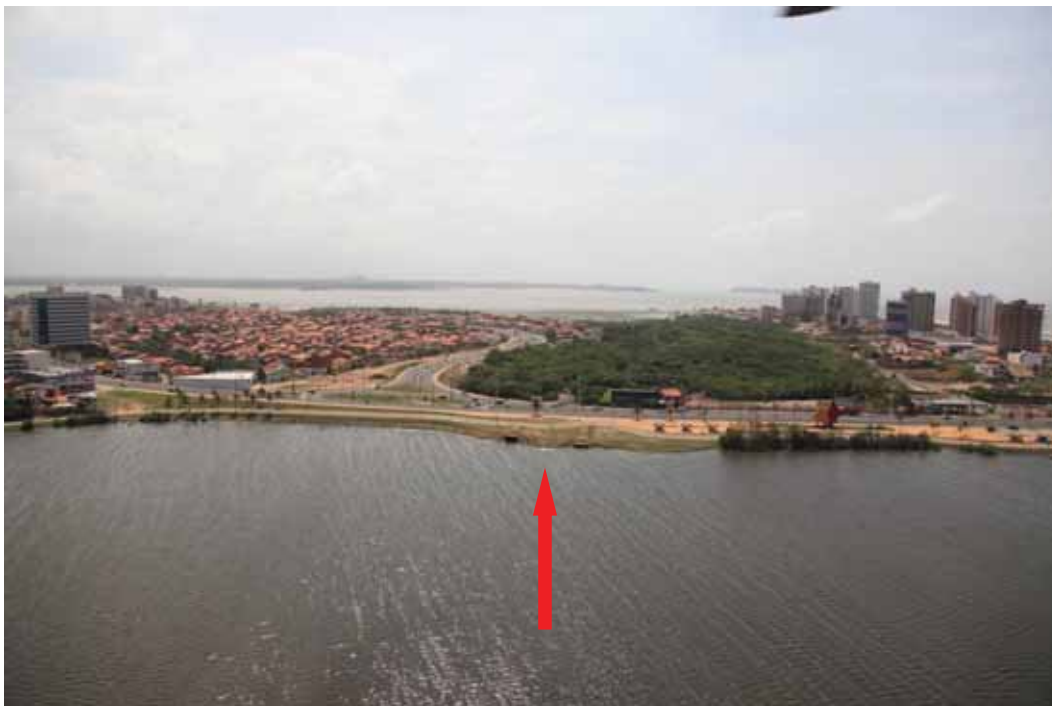


Foto 24 – Vista aérea da Laguna da Jansen, com os canais de drenagem artificiais na Avenida Maestro João Nunes
 Fonte - Rio Branco, 2011.



Foto 25 – Vista aérea da Laguna da Jansen com uma densa ocupação no entorno
Fonte - Rio Branco, 2011.

O volume total de água que entra anualmente na lagoa é de aproximadamente $18.135.183\text{m}^3$, o que representa cerca de dezesseis vezes o volume da lagoa no seu nível médio de 2,80m. A maior contribuição é dada pelo influxo de maré durante as preamaras de sizígia (73%) seguida pela precipitação direta no espelho d'água (14,6%) (COSTA, CASTRO E COSTA, 2008, p. 2).

Atualmente, o entorno da laguna está todo ocupado por residências e instalações comerciais; é uma área urbana muito valorizada no mercado imobiliário e encontra-se margeada pelos bairros da Ponta do Farol, São Francisco, Ponta d'Areia e Renascença I e II (op. cit.).

Apesar de pouco discutido na literatura especializada, há uma morfologia específica na zona de supramaré denominada de apicum, ocorrente nas áreas costeiras intertropicais, em todo o mundo.

De acordo com Ucha et al (2004) e Hadlich e Ucha (2009), os apicuns são planícies arenosas hipersalinas, relacionadas à destruição do mangue, localizadas nas porções mais internas do manguezal.

Os apicuns estão associados aos

processos hidrodinâmicos derivados das oscilações de marés, vinculando trocas proporcionadas pela interação e interdependência entre os componentes do manguezal e de ecossistemas adjacentes (HADLICH E UCHA, 2009, p. 14).

Além disto, eles podem ser encontrados no interior das planícies de maré, sendo designados de apicuns inclusos. Quando desprovidos de vegetação, os apicuns são denominados de apicuns vivos. Quando vegetados, apresentam espécies herbáceas, sendo, por isto, denominados de apicuns herbáceos (Foto 26).



Foto 26 – Apicum situado na porção sudoeste da Ilha do Maranhão
Fonte - Silva, 2011.

Os solos destas geoformas apresentam elevada salinidade e isto indica que ocorrem em áreas com tipos climáticos comportando períodos secos ou de estiagem.

Esta elevada salinidade inibe o desenvolvimento da vegetação e quando a mesma diminui em virtude do aumento da precipitação e consequente lixiviação dos sais, é possível haver a instalação da vegetação de mangue.

Segundo Hadlich e Ucha (2009), os apicuns são caracterizados como áreas de degradação sucessiva da vegetação de mangue e não como de agradação.

Podem ainda ser assoreados em virtude dos processos erosivos ocorrentes nas encostas adjacentes a eles, elevando assim o nível topográfico dos apicuns. Tal fenômeno pode também gerar ampliação ou redução destas áreas.

Nesta perspectiva, várias condições influenciam na gênese, evolução e dinâmica destas geoformas como as condições climáticas, a oscilação das marés, a alteração do nível relativo dos mares e na circulação hídrica estuarina devido à construção de barragens, dragagens dos leitos dos rios próximos aos manguezais e apicuns, subsidência de áreas pela

exploração de óleo e gás, construção de estradas, aterros ou outras instalações (HADLICH e UCHA, 2009).

As barras de maré ou barras de areia alongadas são morfologias costeiras deposicionais, planas e rasas “... que irradiam da desembocadura do rio em direção ao mar...” e são cortadas “... por um canal principal alimentador principal, que apresenta setores retilíneos e meandranes...” típicas de ambientes estuarinos dominados por maré (ROSSETI, 2008, p. 267-268).

Na área de estudo, estas barras podem ser observadas na porção nordeste, especificamente na baía de Curupu, na desembocadura dos rios Paciência e Santo Antônio, durante a maré baixa. Na preamar estas geofomas ficam submersas (Figuras 29 e 30).

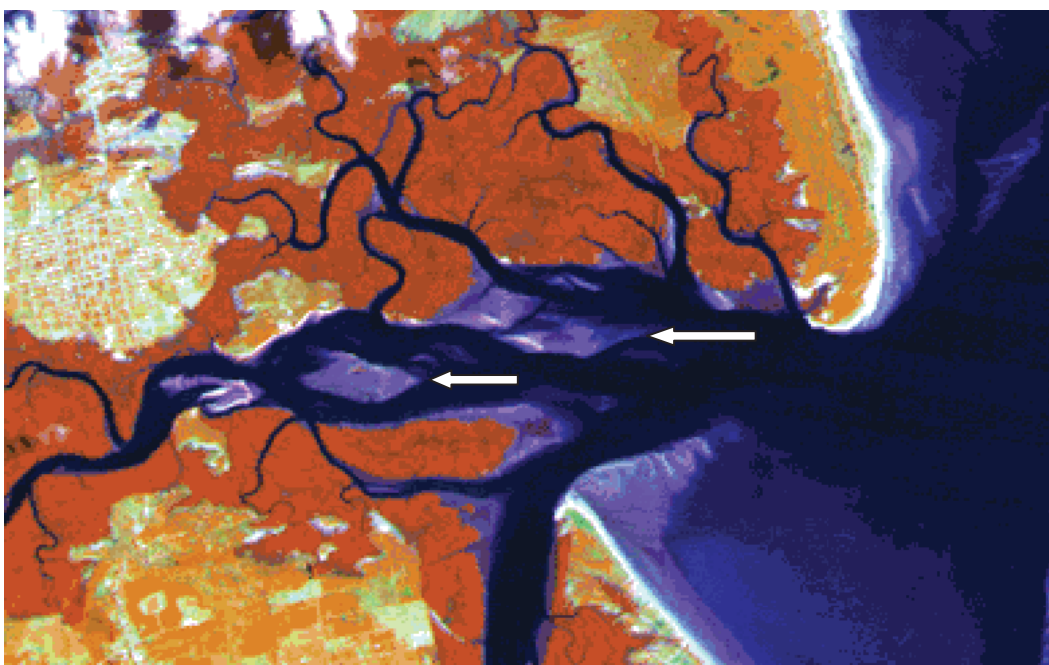


Figura 29 – Barras de areia alongadas no baixo curso do rio Paciência

Fonte – Imagem de satélite Landsat, 2008.

Considerando a direção das barras em relação aos rios citados e a data das imagens utilizadas para identificação destas morfologias, pode-se afirmar que estas formas estão mais relacionadas aos processos deposicionais do rio Paciência.

A foto 27 mostra uma barra de areia alongada na baía de Curupu. Em virtude da situação da maré, esta barra está sendo “afogada” pela preamar. Todavia posteriormente, estará novamente emersa, na situação de baixamar.

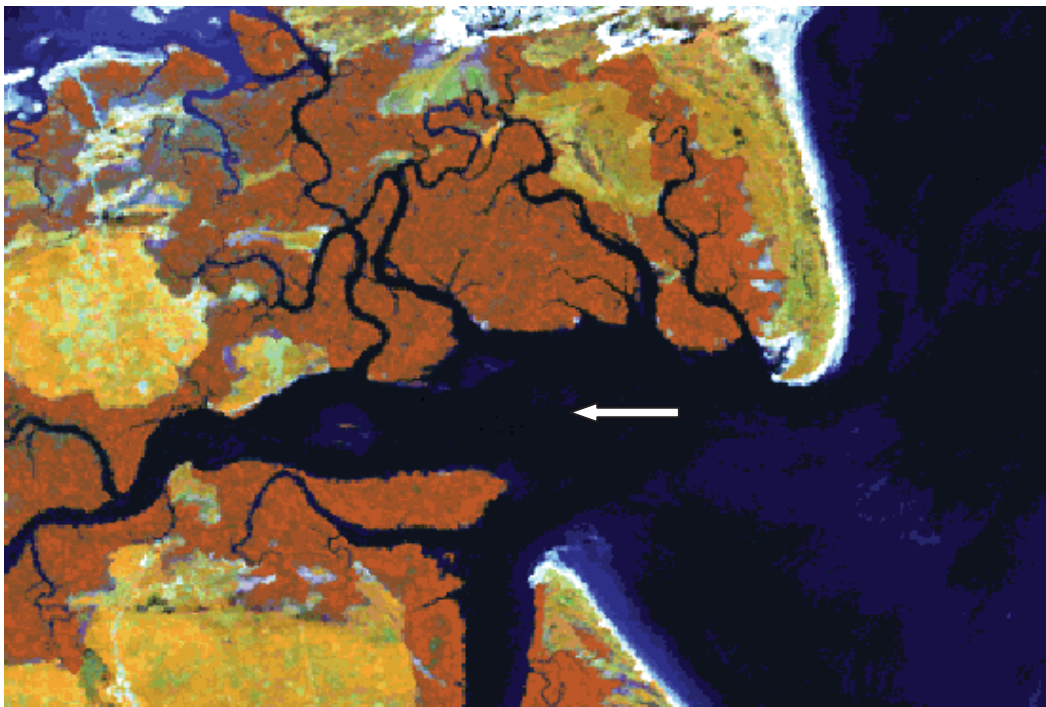


Figura 30 – Baía de Curupu no momento da preamar, não sendo possível visualizar as barras de areia alongadas no baixo curso do rio Paciência
Fonte – Imagem de satélite Landsat, 1984.



Foto 27 - Barra de areia alongada na baía de Curupu
Fonte - Silva, 2011.

Os canais de maré são outras morfologias próprias das áreas estuarinas dominadas por marés. De acordo com Suguio (1992), estes canais são caracterizados por serem naturais, formados sobre as planícies de maré e mantidos pelos fluxos gerados pelas correntes de maré.

Nesta perspectiva e com base nas observações de campo e nos dados de amplitude de maré, nota-se a presença de muitos canais que podem ser considerados como de maré (Foto 28).



Foto 28 – Canal de maré na baía de Curupu
Fonte - Silva, 2011.

A costa sub-retilínea inclui as morfologias deposicionais como strand-plains ou praias (ROSSETI, 2008), dunas, paleodunas, terraços marinhos e também as costas erosivas marcadas pelas falésias.

Estas formas de relevo são observadas predominantemente nas porções norte e nordeste da área de estudo, mas também nas porções leste e noroeste. Isto ocorre em função da maior exposição destas áreas à atuação das ondas e das correntes litorâneas (Figura 31).

Suguio (1992) afirma que praia é uma

Zona perimetral de um corpo aquoso (lago, mar, oceano), composta de material inconsolidado, em geral arenoso (0,062 a 2 mm) ou mais raramente composta de cascalhos (2 a 60 mm), conchas de moluscos, etc., que se estende desde o nível de baixamar média (profundidade de interação das ondas com o substrato...) para cima,

até a linha de vegetação permanente (limite de ondas de tempestade), ou onde há mudanças na fisiografia, como zona de dunas ou de falésias marinhas...(p. 99).

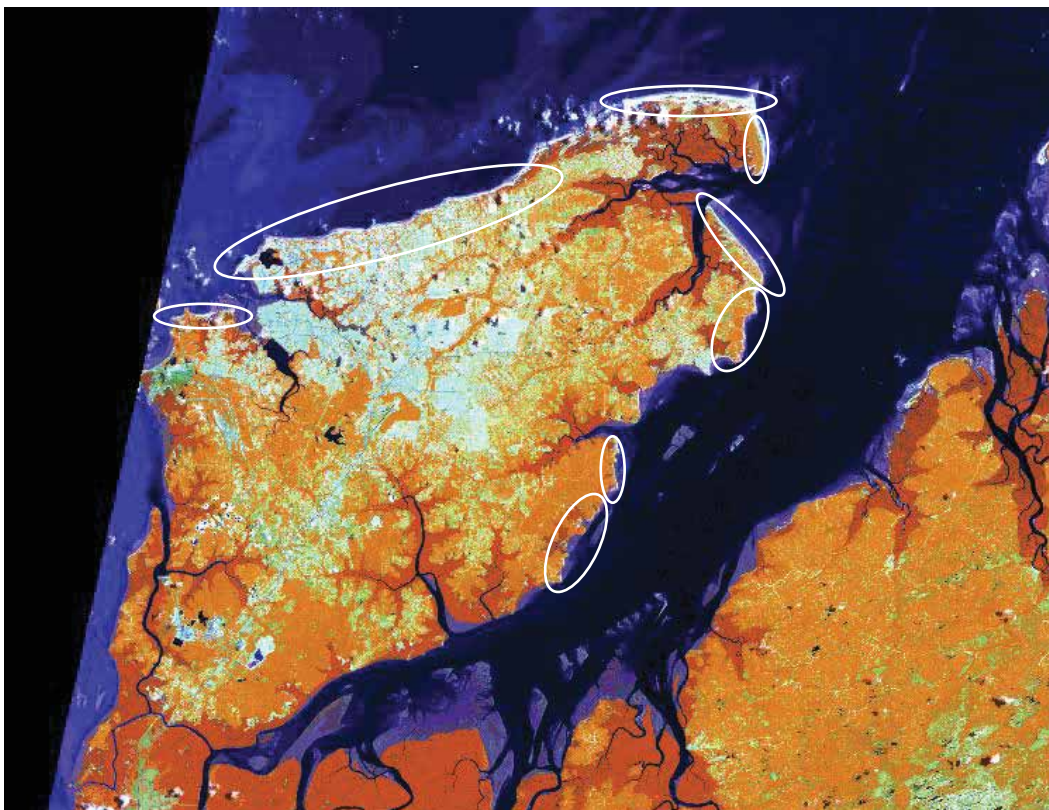


Figura 31 – Localização das morfologias deposicionais e erosivas das costas sub-retilíneas na área de estudo
Fonte – Imagem de satélite Landsat, 2008.

Segundo Muehe (1998), as praias são depósitos de sedimentos normalmente arenosos, acumulados pela ação das ondas e que se ajustam em virtude da ação das ondas e maré.

Para Souza et al (2005) as praias são depósitos de sedimentos formados na interface entre terra e mar, ou outro ambiente aquoso de grandes dimensões como rios e lagos, retrabalhados por processos atuais relacionados às ondas, marés, ventos e correntes geradas por estes atores.

As praias são ambientes dinâmicos e frágeis; além de apresentarem a função de proteção costeira para os ecossistemas adjacentes, são o hábitat para várias espécies animais e vegetais e espaço para atividades urbanas e rurais, recreação e turismo.

Rosseti (2008) afirma que strand-plains ou praias correspondem à corpos alongados e paralelos à costa, abrangendo a frente de praia (estirâncio), antepraia e “ambientes por detrás da praia”, normalmente ocorrendo em costas dominadas por regimes de meso a micromaré (p. 274).

Segundo Wright et al (1982) apud El-Robrini et al (2006), a morfologia das praias está relacionada às características sedimentológicas e às condições imediatas e antecedentes destes ambientes.

Nesta perspectiva, Viana (2000) defende que as praias da Ilha do Maranhão apresentam, em geral, um perfil caracterizado pela presença de pós-praia (backshore), estirâncio (foreshore) e ante-praia (offshore), conforme a figura 32.

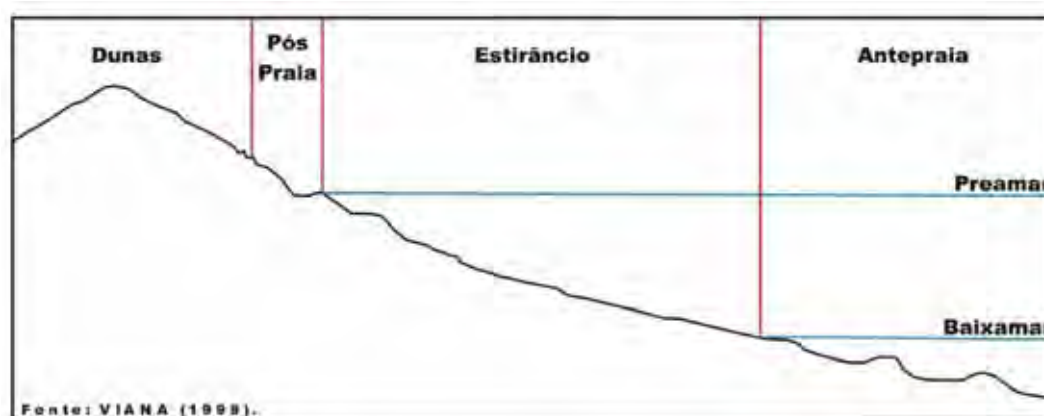


Figura 32 – Perfil topográfico típico das praias da Ilha do Maranhão
Fonte – El-Robrini et al, 2006.

A zona de pós-praia

localiza-se entre a base da duna (máximo de preamar) e a média de preamar, constituindo-se numa estreita faixa de areia com presença de material biodetrítico, imerso quando das grandes marés de sizígia (25%). Este sub-ambiente encontra-se parcialmente mascarado em virtude da construção de enrocamentos rochosos.... (EL-ROBRINI et al, 2006, p. 114).

O estirâncio, também denominado de antepraia, é a porção da praia que fica exposta e submersa, isto é, a zona que recebe influência da ação das marés e o efeito do espraiamento das ondas (Foto 29).

A antepraia corresponde à morfologia de contato com o estirâncio em direção ao mar. Está sempre submersa e é caracterizada por apresentar barras arenosas constituídas por areias finas e quartzosas (EL-ROBRINI et al, 2006).

Este mesmo autor afirma que

As praias do litoral norte da Ilha de São Luís apresentam largura média de aproximadamente 250 m, podendo variar em face da grande amplitude de maré. A faixa praial possui em geral extensão com cerca de até 8 km. A declividade apresenta idêntico comportamento, constituindo uma superfície plana cuja monotonia é quebrada apenas pela existência de cristas e canaletas, que ocorrem esporadicamente, atravessando as praias em processo migratório na direção da costa, onde desaparecem em seguida, preenchidas por areia. Nas canaletas, observam-se grandes marcas onduladas decorrentes da ação das ondas e das correntes litorâneas,

com características de *mega ripples*, pequenas marcas formadas por ondas minúsculas, resultante da ação do vento nas poças d'água, retidas por ocasião do recuo da maré (p. 113).



Foto 29 – Zona do estirâncio na praia do Canto, ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2011.

Segundo Santos (2008), a exposição do estirâncio nas praias da Ilha do Maranhão variam de 100 a 500m, mas podem variar de 200 a 1.000m durante a baixa-mar nas marés de sizígia.

A partir de levantamentos feitos por Viana (2000) na porção norte da Ilha do Maranhão, foi realizada uma caracterização morfológica de quatro perfis praias nesta área (Figuras 33 e 34).

É possível observar, nestes perfis apresentados mudanças quanto à largura das praias, quanto às quebras ou não do prisma praias, resultado dos processos erosivos e deposicionais, os quais são alternados pela ação das ondas, correntes de maré, correntes litorâneas e períodos chuvosos e não chuvosos (EL-ROBRINI et al, 2006).

Segundo Bastos e Silva (2000), a evolução costeira

é o produto da morfodinâmica costeira que ocorre em resposta às mudanças nas condições externas, promovendo o ajuste mútuo da topografia e hidrodinâmica, envolvendo o transporte sedimentar. Portanto, o processo morfodinâmico na costa reflete, ao longo do tempo, diferentes padrões de transporte sedimentar e seus produtos deposicionais, que estão controlados pela interação entre topografia e hidrodinâmica (p. 42).



Figura 33 – Localização dos perfis topográficos praias
 Fonte – El-Robrini et al, 2006.

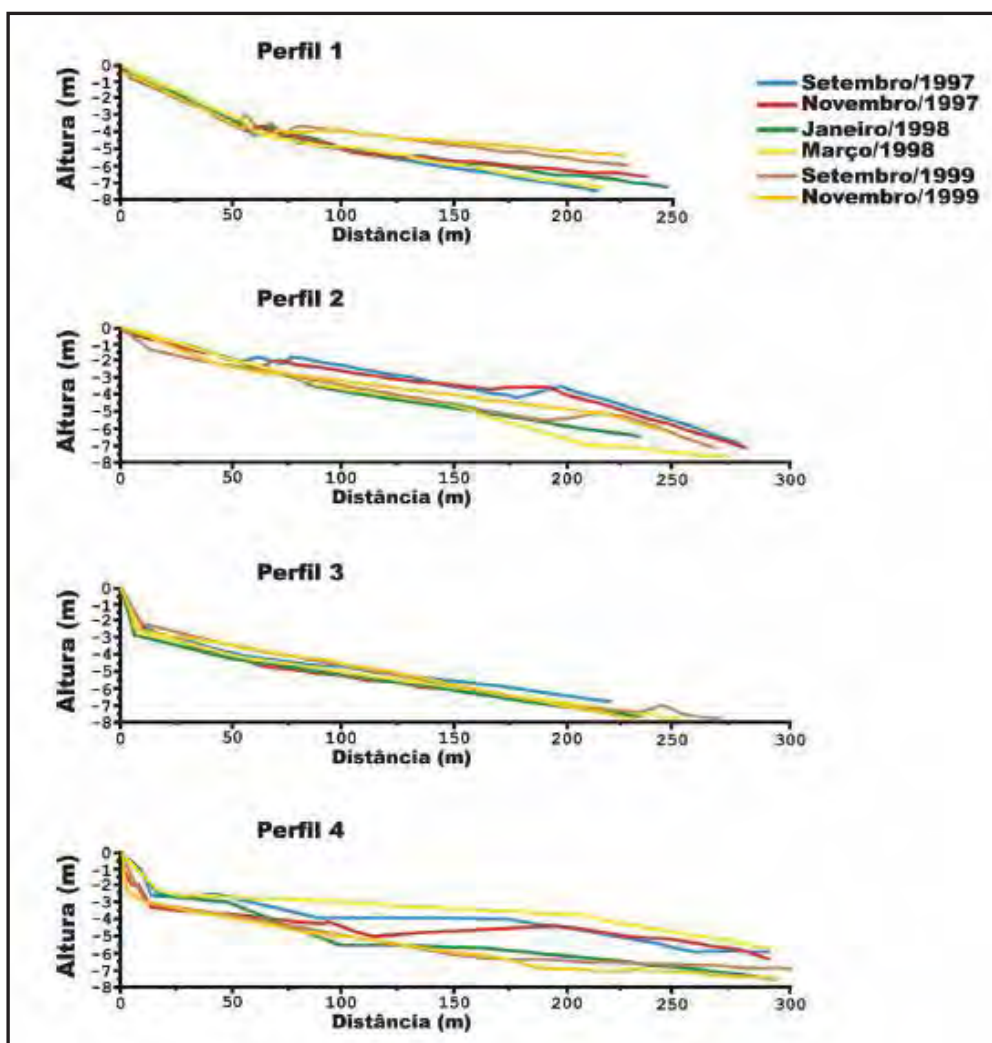


Figura 34 – Perfis praias de São Marcos
 Perfil 1 – Próximo ao Farol de São Marcos na praia do mesmo nome
 Perfis 2 a 4 – Praias de São Marcos
 Fonte - El-Robrini et al, 2006.

Nesta perspectiva, diversos autores, dentre eles Wright et al (1982) citados por Bastos e Silva (2000), Calliari, Muehe, Hoefel e Toldo Júnior (2003), Souza et al (2005), El-Robrini et al (2006), reconheceram seis estágios morfodinâmicos distintos das praias²⁸, sendo dois extremos (refletivo e dissipativo) e quatro intermediários.

O primeiro estágio é caracterizado

por perfis com a face de praia bastante íngreme e as ondas comumente quebram diretamente na face de praia, causando uma maior velocidade de espraiamento. As praias refletivas geralmente desenvolvem cúspides ou alinhamentos de cristas de berma elevadas, sendo compostas por areias grossas e são também mais instáveis à erosão em função do aumento da energia das ondas (BASTOS E SILVA, 2000, p. 42).

O estágio extremo dissipativo apresenta um perfil praiial plano, baixo gradiente topográfico, extensa zona de surfe e mais de uma linha de arrebentação, elevado estoque de areia na porção aquosa da praia, sendo composto normalmente de areia fina (CALLIARI et al, 2003; BASTOS e SILVA, 2000).

Os quatro estágios intermediários apresentam características dos estágios extremos, porém com maior complexidade quanto à morfologia e hidrodinâmica, enquanto os sedimentos praiiais têm grande mobilidade, com sequências acrescionais como grandes cúspides e bancos longitudinais (BASTOS e SILVA, 2000).

Considerando esta classificação e segundo El-Robrini (2006), as praias do litoral norte da Ilha do Maranhão apresentam um estágio morfodinâmico dissipativo, com “... intensa atividade das ondas, marés, correntes litorâneas e ventos...” (p. 113) e especialmente na ilha de Curupu, na extremidade oeste da praia de Carimã, onde houve um acréscimo espacial em 1,1 km².

Na praia da Ponta d’Areia tem-se uma morfologia alongada denominada de pontal (Figura 35),

apresentando-se como uma língua de areia, de baixa altura e paralela à costa, sendo que estas feições encontram-se em estágio de acreção, em virtude do considerável aporte de sedimentos, através do transporte litorâneo no sentido predominante E-W (El-Robrini et al, 2006, p. 103).

Além das praias, as morfologias dunares também são encontradas nas costas sub-retilíneas da área de estudo. Estas geoformas são caracterizadas por apresentarem depósitos arenosos eólicos pleistocênicos e holocênicos.

²⁸ Considerando as características do clima de ondas (SOUZA et al, 2005).



Figura 35 – Vista do pontal da praia da Ponta d’Areia, porção norte da Ilha do Maranhão
 Fonte - Google Earth, 2010.

Segundo Giannini et al (2005), os depósitos arenosos eólicos podem ser ativos ou inativos. No primeiro caso, eles podem ser classificados em dois tipos: os campos de dunas livres e os lençóis de areia e as dunas semifixas ou vegetadas.

Os campos de dunas livres são grandes corpos arenosos em movimento, classificados como depósitos eólicos ativos, que geralmente migram, das áreas costeiras, em direção ao interior, “... sendo por isso designados campos de dunas transgressivos...” (GIANNINI et al, 2005, p. 236).

Dunas são “montes de areia móveis, depositados pela ação do vento dominante. A movimentação dos grãos de quartzo é constante, devido à ação do vento” (GUERRA e GUERRA, 2006, p. 215.).

Segundo Santos (2008), as dunas são “... ambientes construcionais, resultantes, principalmente, da conjugação dos agentes oceanográficos e climáticos, a qual pode ocorrer na franja costeira destituída ou não de vegetação” (p. 79).

Com base na literatura especializada, Santos (op.cit.) afirma que o desenvolvimento dos sistemas eólicos costeiros (campos de dunas) depende do nível do mar (sendo um condicionante da disponibilidade de sedimentos para o transporte eólico) e dos aspectos climáticos (para o transporte em questão).

Esta disponibilidade sedimentar

na plataforma continental está associada tanto a climas pretéritos e atuais (com a ocorrência de períodos em que se teria uma intensificação dos processos erosivos e o conseqüente carreamento dos sedimentos, em direção à plataforma interna rasa, pela drenagem continental), quanto pelas sucessivas transgressões e regressões ocorridas, responsáveis pela erosão, em especial, da Formação Barreiras ao longo do litoral brasileiro (SANTOS, 2008, p. 84).

As dunas ativas, também denominadas de livres ou móveis apresentam várias formas como as barcanas, barcanóides, longitudinais, transversais, dunas nebkhas, de sombra, parabólicas, cadeias de parabólicas e frontais (SANTOS, 2008; GIANNINI et al, 2005).

As morfologias em questão são encontradas na porção nordeste da área de estudo, predominantemente na ilha de Curupu. Segundo El-Robrini et al (2006), estas geoformas representam o ambiente de maior dinâmica areal, com registro de crescimento contínuo durante no período entre 1961 e 1991 e com expansão da área em 2,3 km².

Na foto 30 tem-se uma duna longitudinal na ilha de Curupu, em direção oeste, com expansão para o centro da ilha e junto à planície lacustre. Em geral, as dunas ativas de toda a área de estudo avançam na direção oeste e sul em função dos processos oceanográficos atuais, principalmente devido à direção predominante dos ventos. Apresentam-se como um grande atrativo turístico em função da beleza cênica.

Ao noroeste desta ilha, na praia de Carimã, podem-se observar dunas barcanas de aproximadamente 8 a 10 metros de altura, próximas à baía do Curral, o que gera grande atração turística no local (Foto 31).

Os lençóis de areia “... são massas de areia eólica em movimento, com superfície de relevo negligenciável, isto é, sem superimposição de dunas com faces de avalanche” (SANTOS, 2008, p. 236).

Essas massas apresentam forma planar em quase toda sua extensão, são orientadas conforme o sentido dominante dos ventos e, por isto, permitem que o campo de dunas livres continue recebendo suprimento de areia da praia.

Na porção centro-norte da ilha de Curupu é possível observar lençóis de areia, na forma quase planar, sem superimposição de dunas com faces de avalanche (Foto 32).

Neste sentido e juntamente com as dunas, os lençóis de areia são considerados como os tipos de depósitos de areias eólicas mais importantes das zonas costeiras (SANTOS, 2008).



Foto 30 – Duna longitudinal na porção centro-norte da ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2011.



Foto 31 – Vista de uma duna barcana na praia de Carimã, ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2011.



Foto 32 – Lençóis de areia próximo ao povoado de Canto, ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2011.

As dunas semifixas ou vegetadas

apresentam uma pequena mobilidade, se comparadas às dunas livres. Encontram-se quase sempre associadas à vegetação de estrato herbáceo, apresentando pequenas dimensões. São geralmente bastante recentes e encontram-se próximas às praias (pós-praia) e/ou desembocaduras dos rios (SANTOS, 2008, p. 93).

Estas morfologias incluem as dunas frontais incipientes (embrionárias) e estabelecidas, as rupturas de deflação, os retrocordões e os nebkhas.

De acordo com Giannini et al (2005), as dunas frontais ocorrem paralelas à linha de praia, na zona de pós-praia podem apresentar a forma de cristas, cordões dunares, rampa e terraço.

Na foto 33 tem-se dunas longitudinais vegetadas na praia de Carimã, na porção noroeste da ilha de Curupu e dunas frontais na praia de Canto, ao norte da mesma ilha (Foto 34).

As rupturas de deflação são geoformas erosivo/deposicionais, criadas pelo vento por retirada e redeposição de sedimentos arenosos pré-existentes. Os retrocordões são cordões arenosos vegetados “... deixados a barlavento durante a migração de campos de dunas” (GIANNINI et al, 2005, p. 238).



Foto 33 – Dunas longitudinais vegetadas na praia de Carimã, ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2011.



Foto 34 – Dunas frontais na praia do Canto, ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2011.

Os nebkhas

correspondem a pequenos montículos de areia formados por deposição eólica em meio à vegetação. São desenvolvidas devido à presença de pequenos tufos de vegetação do tipo juncal e/ou gramíneas sobre a superfície arenosa sobre a qual o vento incide (SANTOS, 2008, p. 93).

Os depósitos arenosos inativos correspondem às dunas fixas ou inativas ou ainda às paleodunas, que são descritas normalmente como associadas aos campos de dunas transgressivos no Brasil (GIANNINI et al, 2005).

Também são denominadas como dunas mais ou menos estacionárias, situadas mais distantes da praia atual apresentando cores amareladas ou alaranjadas (SUGUIO, 1992).

Apesar desta definição, Lehugeur (1995) apud Giannini et al (2005) descreve um campo de paleodunas próximo à praia e sem vegetação, localizado entre as cidades de Luiz Correia e Coqueiro (PI). Assim como este, diversos outros autores estudaram estas geoformas, gerando classificações em diversas gerações de dunas.

No Golfão Maranhense e segundo El-Robrini et al (2006), as paleodunas com depósitos eólicos costeiros pleistocênicos “... ocorrem numa posição afastada da praia e se caracterizam por uma coloração amarelo laranja, fixadas por uma cobertura vegetal exuberante...” (p. 99).

Na Ilha do Maranhão e segundo estes autores, as paleodunas estão localizadas na interface entre as praias e os tabuleiros, apresentando aproximadamente 50 a 60 m de altura e, em sua maioria, são vegetadas (EL-ROBRINI et al, 2006).

Na ilha de Curupu as paleodunas estão na porção interior, sem vinculação com os tabuleiros costeiros, uma vez que não há ocorrência destas morfologias (Foto 35).

De acordo com Martin et al (1997) apud Giannini et al (2005), há indicativos de dunas inativas, vegetadas e holocênicas, na região de Cabo Frio (RJ), que provavelmente avançaram sobre o sistema lagunar quando eram ativas, durante o máximo transgressivo do Holoceno.

Considerando as características geoambientais da ilha de Curupu, com presença de morfologias lagunares entre as paleodunas, ausência de tabuleiros e com morfologias bem recentes nas bordas das paleodunas com as planícies de marés, dunas ativas e praias, é bem possível que tenha ocorrido algo similar nesta área, entretanto, não há estudos locais que comprovem tal evolução.



Foto 35 – Paleodunas na porção central da ilha de Curupu, com espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas
Fonte - Silva, 2011.

Outra morfologia ocorrente na área de estudo são os terraços marinhos. Para Guerra e Guerra (2006), esses terraços são depósitos sedimentares de origem marinha, situados acima do nível médio atual do mar.

Segundo Bigarella (2001), esses terraços são formas escalonadas que representam períodos de estacionamento do movimento relativo do continente e oceano e podem resultar de movimentos epirogênicos, isostáticos e/ou eustáticos, sendo considerado também, como indicador de erosão costeira.

Furrier (2007) defende que essas morfologias são antigos relevos costeiros que representam paleolinhas de praias correspondentes a diversas fases transgressivas e regressivas, que por sua vez, estão relacionados aos períodos interglaciais e glaciais.

Enquanto estuários, planícies de marés, barras de areia alongadas, praias, dunas, paleodunas e terraços marinhos são consideradas como morfologias costeiras deposicionais, as falésias são classificadas como geoformas relacionadas às costas erosivas (ROSSETI, 2008), abruptas (BLOOM, 1972), ou altas (VILLWOCK et al, 2005) e que também ocorrem nas porções sub-retilíneas da Ilha do Maranhão.

Conforme Suguio (1992), as falésias são escarpas abruptas, não necessariamente costeiras, com formas variadas. Sendo costeiras, são geradas pela ação das ondas sobre as rochas.

Meireles (1999) defende que as falésias são morfologias costeiras relacionadas às oscilações do nível relativo do mar e às mudanças nas condições climáticas.

Guerra e Guerra (2006) afirmam que o termo em questão deve ser utilizado exclusivamente para as morfologias escarpadas costeiras. Eles defendem que o “... trabalho do mar nas falésias se faz pelo solapamento da base...” (p. 265), assim, concordam com Meireles (1999) à respeito da influência das mudanças do nível relativo do mar e das condições climáticas na modelagem das falésias.

Para El-Robrini et al (2006), “... a ação erosiva das águas marinhas sobre os tabuleiros resulta na geração de falésias ativas...” (p. 97), também denominadas de vivas (MEIRELES, 1999), as quais são caracterizadas pelas encostas íngremes em contato com a linha de praia.

Nesta perspectiva, a ação das ondas diretamente sobre as falésias vivas ou ativas gera incisões em sua base, devido à retirada de sedimentos pela água do mar. O solapamento da base ocasiona instabilidade do talude e desencadeia movimentos de massa, que contribuem para o recuo da falésia.

Segundo Rosseti (2008), as falésias, quando constituídas por material friável, são muito susceptíveis aos processos erosivos “... resultantes da ação combinada de ventos, ondas e correntes de maré...” (p. 276), além da ação das chuvas.

Sobre este assunto, Meireles (1999) afirma que o festonamento das falésias originado pela erosão pluvial é um evento natural, provocando o recuo paralelo da vertente, mas as ações antrópicas aceleram os fenômenos erosivos. Isto reforça o que Rosseti afirmou sobre a ação combinada dos processos exógenos.

Neste ambiente dinâmico e conforme Bloom (1972), os movimentos do regolito são ativados pela ação das ondas na base da falésia, e a “... superfície de abrasão do entalhe é chamada de terraço de abrasão...”, enquanto que o terraço de construção marinha é caracterizado pelos sedimentos erodidos das falésias, depositados em áreas mais profundas (p. 142).

No terraço de abrasão, também denominado de bancada de abrasão (SUGUIO, 1992) é comum a presença de blocos ou cascalhos endurecidos em virtude do transporte destes materiais oriundos do topo da falésia, os quais continuarão sendo transportados e modelados pela ação marinha.

Rosseti (2008) afirma que o recuo das falésias no Brasil por desmoronamento ocorre em ritmo acelerado, gerando deslocamento da linha da costa por várias dezenas ou centenas de metros em direção ao continente.

Apesar dos processos erosivos ocorrentes nas falésias ativas, gerando retrogradação ou recuo da linha costeira, Suguio et al (2005) afirma que estes processos também geram um fator positivo, o fato de alimentar as praias arenosas adjacentes.

As falésias inativas ou mortas são aquelas que estão longe da ação das ondas (MEIRELES, 1999) e, por isto, normalmente são morfologias protegidas pela vegetação.

Na ilha de Curupu não há falésias ativas e/ou inativas. Já na Ilha do Maranhão estas morfologias estão localizadas nas porções sub-retilíneas (Foto 36), algumas das quais são ocupadas geralmente para uso residencial de forma inadequada, considerando o fato de serem áreas de risco devido aos movimentos de regolito (Apêndice B).



Foto 36 – Falésia ativa na porção leste da praia de Panaquatira, com terraço de abrasão
Fonte - Silva, 2011.

Quanto à área de ocorrência e dimensão areal, as planícies de maré ocorrem em quase toda a costa da Ilha do Maranhão, ocupando 201,47 km² o que equivale a 21,19% da área total (Tabela 6). Apresentam uma significativa área na porção nordeste da mesma,

especialmente no entorno interior da ilha de Curupu, onde confluem dois importantes rios da Ilha do Maranhão, ou seja, o rio Paciência e o rio Santo Antônio.

Nas demais áreas, a planície de maré se interioriza na ilha por meio dos canais de drenagem, em virtude da grande amplitude de maré, denominada assim de macromaré. Em grande parte dos canais, essa planície ocupa os médios e baixos cursos dos rios, indicando a grande e fundamental importância das marés na modelagem do relevo na região.

Nas bordas das planícies de maré e nas praias podem ser encontrados terraços marinhos quaternários planos que, numa porção topográfica um pouco elevada em relação àquelas morfologias, são observados em trabalhos de campo, mas, em razão da ocorrência generalizada de solos muito expostos, são comumente confundidos com outras geofomas nas imagens orbitais, principalmente com os apicuns. Assim, os terraços marinhos ocupam 4,07 km², ou seja, 0,43% da Ilha do Maranhão (Tabela 6).

Os apicuns, que bordejam interiormente as planícies de maré colonizadas pelos mangues, são inundados apenas nos períodos de maré de sizígia. São formas de relevo de difícil identificação e de reduzida dimensão, totalizando 5,33 km² e 0,56% da área.

Em direção ao interior da Ilha do Maranhão, têm-se as planícies fluviais, que contornam os canais fluviais, nos fundos dos vales, e apresentam área total de 65,46 km², equivalendo a 6,89% da área total.

Em virtude da configuração radial centrífuga da drenagem da Ilha do Maranhão, essas morfologias também acompanham este padrão de distribuição. Destaca-se que não há planícies fluviais na ilha de Curupu.

As formas denudacionais, por sua vez, apresentam formas com topos tabulares, falésias, colinas esparsas e formas de vertentes. As morfologias com topos tabulares ocorrem predominantemente na porção central e centro-nordeste da ilha e são encontrados também em outras áreas dispersas no sentido radial.

Na porção norte da Ilha do Maranhão, os tabuleiros fazem contato com as praias e são densamente ocupados pelas instalações residenciais e comerciais, horizontais e verticais (Fotos 37 e 38).

Na porção noroeste da Ilha do Maranhão, entre os rios Anil e Bacanga, há a área de ocupação mais antiga da ilha, com relevos colinosos, com encostas pouco a muito inclinadas e densamente ocupadas (Foto 39 e 40).

Em direção à nordeste, estes tabuleiros apresentam-se paulatinamente mais baixos e planos, como uma ampla e extensa rampa descendente em direção à baía de Curupu, onde deságuam os rios Paciência e Santo Antônio (Foto 41).



Foto 37 – Vista aérea do contato do tabuleiro costeiro com paleodunas
Fonte - <http://www.skyscrapercity.com/showthread>, 2011.



Foto 38 – Vista parcial do bairro Renascença com baixos tabuleiros costeiros
Fonte - <http://www.skyscrapercity.com/showthread>, 2011.



Foto 39 – Vista do centro histórico de São Luís numa área colinosa
Fonte - <http://www.skyscrapercity.com/showthread>, 2011.



Foto 40 – Vista aérea do centro histórico de São Luís, situado entre os rios Bacanga e Anil, com morfologias com topos planos e também colinosas
Fonte - Rio Branco, 2011.



Foto 41 – Vista panorâmica do relevo suave-ondulado, em forma de rampa, na porção nordeste da Ilha do Maranhão
Fonte - Silva, 2012.

Assim, conforme a tabela 6, o Apêndice B e sabendo que não foi possível quantificar a área ocupada pelas falésias, em função da simbologia linear utilizada no mapa geomorfológico, as três unidades de relevos denudacionais supracitadas ocupam 616,98 km² o que equivale a 64,91% da área total.

Em função dos processos erosivos que atuam na área e das modificações promovidas pela ação da sociedade local, essas formas denudacionais apresentam índices de dissecação variados.

Os tabuleiros com topos planos foram e ainda estão sendo ocupados intensamente pelas populações e, em virtude de sua grande importância para a recarga dos aquíferos da ilha, requerem estudos sistemáticos sobre os processos que envolvem a evolução da morfologia.

As colinas esparsas, também denominadas por Maranhão (1998b) de relevos subtabulares, ocorrem em quase toda a Ilha do Maranhão, ocupando 358,58 km² o que equivale a 37,72% da área total (Tabela 6).

Estas colinas “... representam as porções do tabuleiro que sofreram dissecação no decorrer do tempo geológico e ainda preservam seu topo relativamente aplainado com encostas brandas a íngremes...” (PEREIRA, 2006, p. 99).

Estas geoformas margeiam as formas com topos planos, apresentando em geral, declividades superiores a 12%, e ocupando o espaço compreendido entre as rupturas de relevo do tabuleiro até as áreas mais baixas e planas, individualizadas neste trabalho como as formas

das vertentes, situadas próximas aos fundos de vale. Ocupam, na Ilha do Maranhão, 109,74 km², ou seja, 11,54% (Tabela 6).

Em geral, a porção central da ilha apresenta as maiores altitudes, isto é, de 50 a 70 m e é onde está localizado o tabuleiro central e o principal divisor de águas das bacias hidrográficas. As morfologias tendem a ficar cada vez mais baixas, à medida que se aproximam da linha da costa. Não ocorrem tabuleiros na ilha de Curupu (Apêndice B).

Além de apresentar as morfologias denudacionais e agradacionais ora caracterizadas, o mapa geomorfológico da área de estudo também apresenta uma classificação das primeiras a partir dos índices de dissecação. Estes dados serão discutidos no item posterior.

Quanto à hipsometria, os dados gerados aqui apresentados indicam que na área de estudo tem-se dez classes, distribuídas em função da amplitude altimétrica, das rupturas de relevo ocorrentes nas falésias e também da necessidade de uma melhor visualização do comportamento altimétrico da área (Mapa 8 e Tabela 7).

Sobre a distribuição das classes hipsométricas, afirma-se que 70,11% de toda a área objeto de estudo está inserida nos intervalos de 0 a 30 m, sendo uma área predominantemente baixa.

As classes de 0 a 10 m ocupam 25,50% do total. As duas classes que mais se destacam são de 10 a 20 m e de 20 a 30 m, equivalendo a 44,61% de toda a área.

Em função da base cartográfica adotada para a elaboração do mapa de hipsometria, ou seja, o SRTM, 0,60% da área não foi mapeada, apresentando a coloração branca. Entretanto, a partir dos dados levantados em outras fontes e do trabalho de campo realizado, afirma-se que esta área está situada nas classes de 0 a 20m, o que aumenta um pouco mais a proporção de relevos baixos (Mapa 8).

Conforme declarado anteriormente, a porção central da Ilha do Maranhão apresenta as maiores altitudes, sendo esta, o principal divisor de águas da ilha. Além da linha da costa, a porção nordeste da área de estudo apresenta as mais baixas altitudes, não excedendo à 20 metros, e com predomínio das faixas de 0 a 10 metros.

Esta porção abrange a área nordeste da Ilha do Maranhão, toda a ilha de Curupu e as demais ilhas que compõem o arquipélago desta área no Golfão Maranhense. Na região centro-sul e noroeste, encontram-se variações altimétricas de 0 a 60 metros e grande rugosidade, o que indica forte dissecação do relevo.

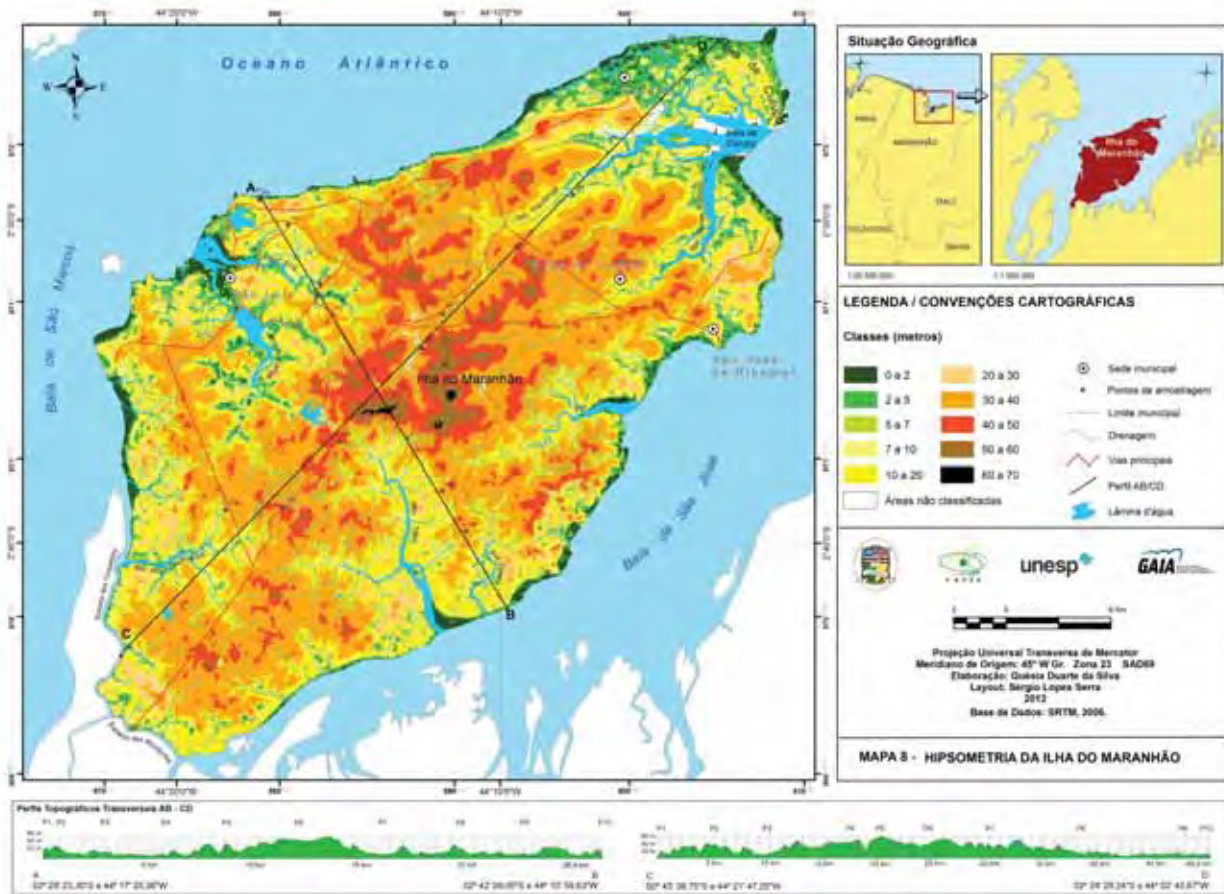


Tabela 7 – Classes hipsométricas da área de estudo

Classes	Área	
	Valor Absoluto (km ²)	Valor Relativo (%)
0 a 2 m	29,64	3,12
2 a 5 m	69,93	7,36
5 a 7 m	58,15	6,12
7 a 10 m	84,61	8,90
10 a 20 m	209,61	22,05
20 a 30 m	214,48	22,56
30 a 40 m	167,80	17,65
40 a 50 m	90,68	9,54
50 a 60 m	19,10	2,01
60 a 70 m	0,82	0,09
Áreas não mapeadas	5,74	0,60
Total	950,56	100,00

A figura 36 representa as características topomorfológicas da área de estudo em 2D, com efeito 3D. Assim, foi possível perceber o comportamento do relevo, nas áreas densamente ocupadas pela população, auxiliando a análise dos compartimentos desse relevo, a partir da rugosidade e dos níveis altimétricos.

Além disto, visualizaram-se com maior facilidade os canais de drenagem de ordens inferiores que dificilmente são individualizados nas imagens Landsat; as unidades originalmente agradacionais, que foram aterradas e ocupadas pela população; a tendência de ocorrerem capturas fluviais na porção centro-sudoeste da Ilha do Maranhão; as linhas de ruptura do relevo, tanto nas encostas dos tabuleiros no interior da área, quanto nas falésias; a identificação das colinas esparsas, que existem comumente nas porções centro-sudeste, sul e noroeste da Ilha do Maranhão; a identificação de uma possível paleolinha de costa e o comportamento do relevo numa situação de progradação desta linha; as evidências de um possível afogamento da ilha de Curupu e de outras pequenas ilhas adjacentes na porção nordeste da área, numa situação pretérita de aumento do nível relativo do mar, considerando os baixos níveis topográficos desta área; o comportamento plano e convexo dos topos dos tabuleiros da área central da Ilha do Maranhão e a menor densidade de drenagem na porção centro-nordeste desta ilha.

O mapa 9 apresenta as classes de declividade da área de estudo. Em função das características desta área e considerando a bibliografia especializada e a Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (BRASIL, 1979), que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências, optou-se por compartimentar a área em seis classes, a saber, de 0 a 2%, de 2 a 6%, de 6 a 12%, de 12 a 20%, de 20 a 30% e maior que 30%. Estas áreas foram quantificadas a partir do programa Spring, e os dados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Classes de declividade da área de estudo

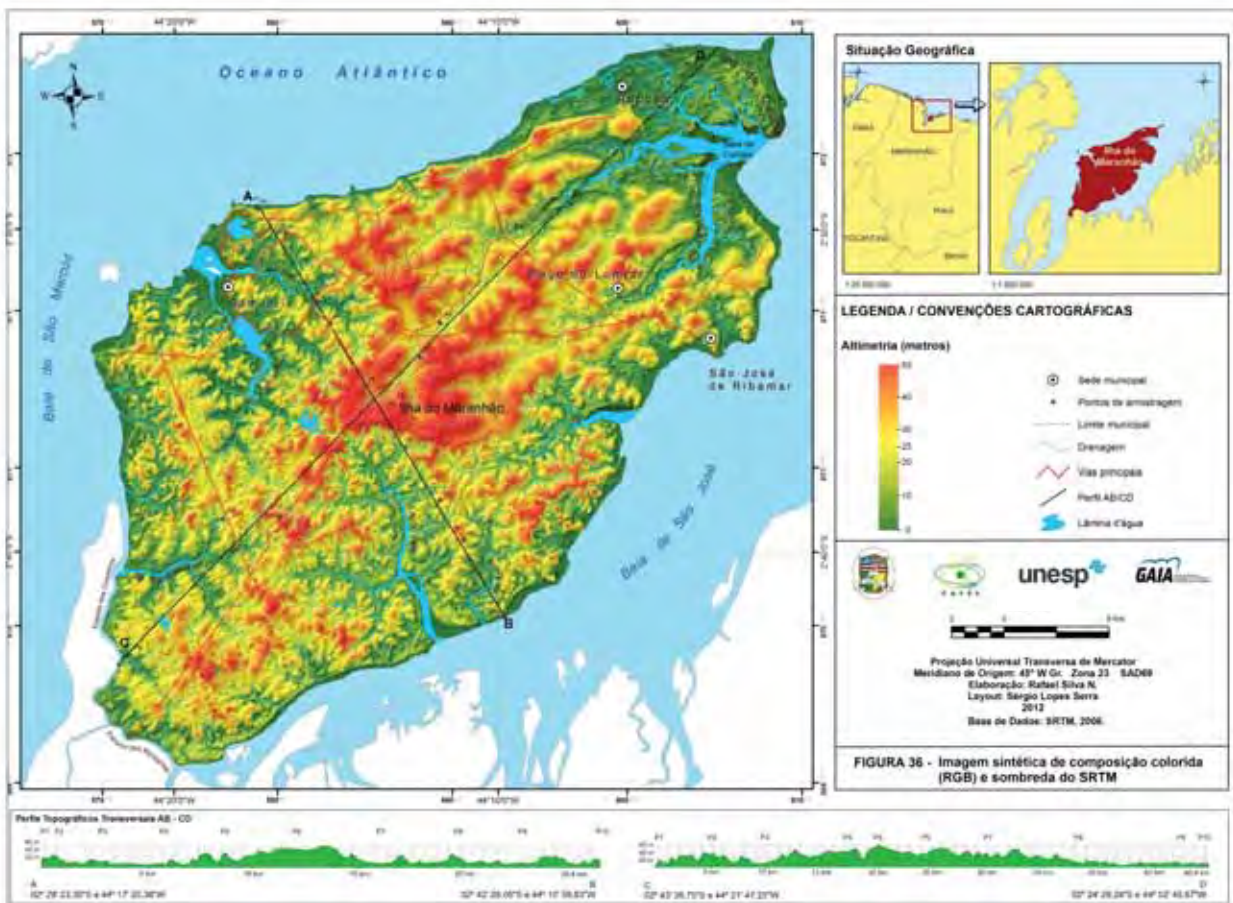
Classes	Área	
	Valor Absoluto (km ²)	Valor Relativo (%)
0 a 2%	189,99	19,99
2 a 6%	533,60	56,14
6 a 12%	170,10	17,89
12 a 20%	20,98	2,21
20 a 30%	1,59	0,17
Acima de 30%	0,14	0,01
Áreas não mapeadas	2,76	0,29
Água	31,40	3,30
Total	950,56	100,00

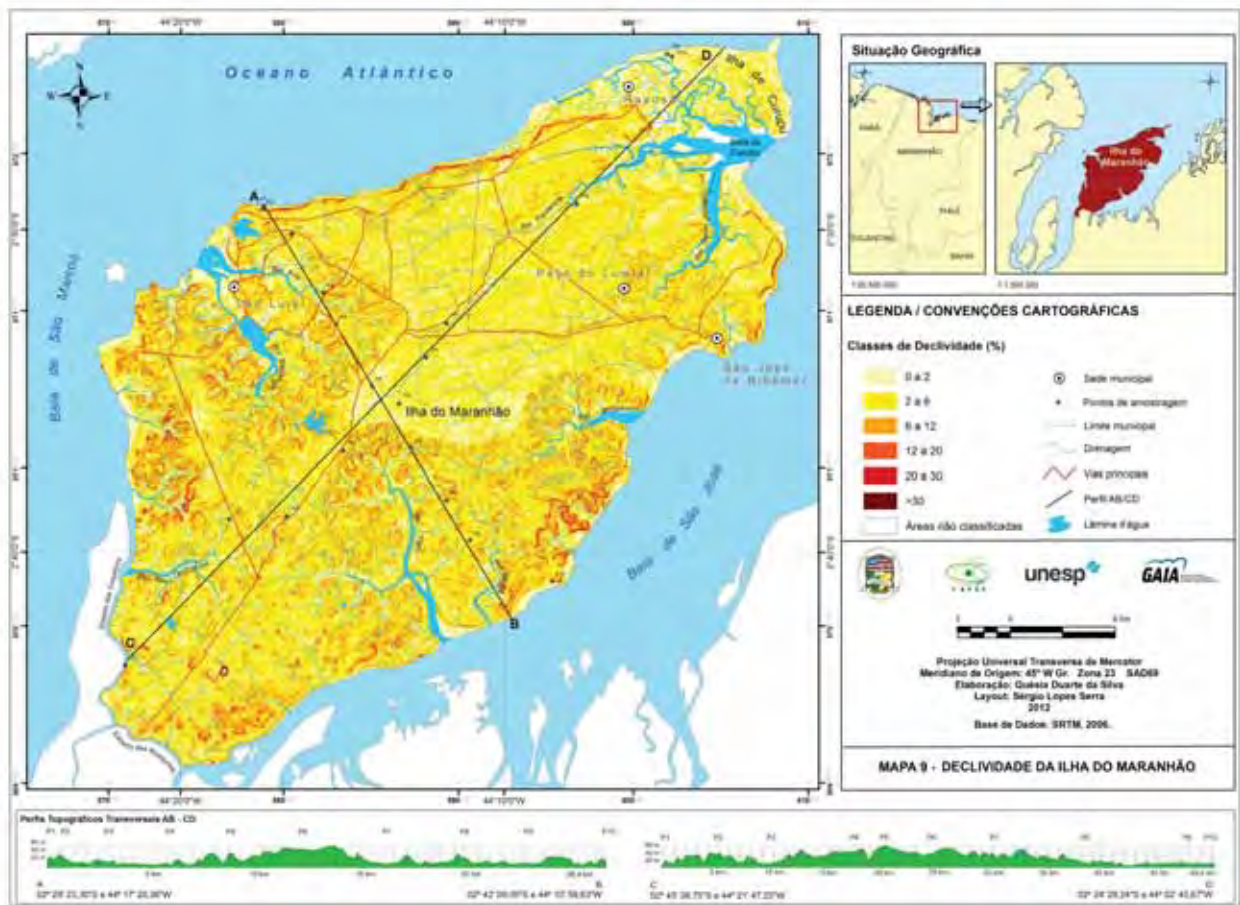
Em geral e quanto à declividade, pode-se compartimentar a área de estudo em duas grandes porções, isto é, uma área com o predomínio de declividades inferiores a 6% na porção centro-norte e centro-nordeste e a outra porção, centro-sul e noroeste, com vertentes apresentando declividades de 0 a mais de 30%.

Conforme a tabela 8, a classe de declividade predominante é de 2 a 6%, 533,60 km², o equivalente a 56,14% de toda a área de estudo. Em contraposição, a classe com declividades superiores a 30% ocupam apenas 0,01% da área total.

As classes de 6 a 12%, 12 a 20% e de 20 a 30% abrangem 20,27% de toda a área, com destaque para a primeira classe supracitada.

Quanto mais perto da linha de costa, mais as declividades se aproximam da classe de 0 a 2%. Tal fato não se concretiza nas áreas em que ocorrem as falésias, em função do forte gradiente topográfico (Mapa 9).





Em função da base cartográfica adotada para a elaboração do mapa de declividade, o SRTM, 0,29% da área não foi mapeada, apresentando a coloração branca. Observando o mapa em questão, pode-se inferir que tal área, situada na ilha de Curupu, está inserida nas classes de declividade inferior a 6%.

Na ilha de Curupu, duas classes de declividade são predominantes, 0 a 2 e 2 a 6%. As pequenas áreas que apresentam declividade de 6 a 12% se referem às paleodunas, localizadas, em geral, na porção interior da ilha (Tabela 8).

6 AS UNIDADES MORFOLÓGICAS DA ILHA DO MARANHÃO

Este capítulo apresenta inicialmente a caracterização das morfologias denudacionais, com base nos padrões de dissecação do relevo. Considerando a orientação procedimental adotada neste trabalho e a natureza genética das geoformas agradacionais, não foram realizadas nestas, análises morfométricas relacionadas à dissecação.

Sendo assim, e ainda neste capítulo, tem-se a descrição dos dois perfis topográficos transversais elaborados, com detalhamento das morfologias ocorrentes em 40 pontos ao longo destes transectos.

6.1 Padrões de Dissecação do Relevo

Quanto à taxonomia, os dados apresentados se referem ao terceiro nível, uma vez que se pretendeu identificar as unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes com base na natureza genética, como também individualizar as formas indicadas no conjunto (ROSS, 2005).

Na área de estudo, os relevos denudacionais são caracterizados pelos tabuleiros com topos planos, pelas falésias, pelas colinas esparsas e formas das vertentes, com predomínio dos processos erosivos areolares e lineares (Apêndice B).

Com base na literatura especializada e em virtude da sugestão proposta por Florenzano (2008a), as morfologias em questão foram examinadas a partir da geração de dados da densidade de drenagem e da amplitude altimétrica das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão.

Os dados de densidade de drenagem por bacia hidrográfica foram calculados e analisados estatisticamente conforme os procedimentos descritos no capítulo 3, gerando os dados das tabelas 9 e 10 e do quadro 9. A partir da classificação das bacias com base no índice citado, foi gerado o mapa de densidade de drenagem (Mapa 10).

Tabela 9 - Densidade de drenagem por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão

Bacia	Lt (Km)	A (Km ²)	Dd (K/Km ²)	Dd (Km/Km ²)
1	4,71	7,56	0,623015873	0,62
2	4,56	4,20	1,085714286	1,08
3	3,16	2,91	1,085910653	1,08
4	9,57	6,31	1,516640254	1,52
5	4,75	3,28	1,448170732	1,45
6	80,37	134,97	0,595465659	0,59
7	75,44	98,76	0,763872013	0,76
8	12,21	8,40	1,453571429	1,45
9	8,20	7,98	1,027568922	1,03
10	10,29	11,13	0,924528302	0,92
11	85,14	48,98	1,738260514	1,74
12	2,84	1,68	1,69047619	1,69
13	6,73	2,66	2,530075188	2,53
14	6,22	3,83	1,624020888	1,62
15	8,53	6,20	1,375806452	1,37
16	31,44	24,68	1,273905997	1,27
17	2,02	1,81	1,116022099	1,12
18	171,92	106,15	1,619594012	1,62
19	8,85	9,75	0,907692307	0,91
20	7,06	5,19	1,360308285	1,36
21	9,28	9,44	0,983050847	0,98
22	6,73	5,55	1,212612613	1,21
23	10,74	10,9	0,985321101	0,98
24	3,46	2,63	1,315589354	1,31
25	3,26	1,68	1,94047619	1,94
26	10,37	8,39	1,235995232	1,23
27	79,25	62,99	1,258136212	1,26
28	26,81	14,01	1,913633119	1,91
29	17,33	8,43	2,055753262	2,05
30	8,59	6,70	1,282089552	1,28
31	16,01	9,68	1,65392562	1,65
32	146,27	104,38	1,401322092	1,40
33	48,85	42,01	1,162818377	1,16
34	4,42	4,84	0,91322314	0,91

Lt - comprimento total dos canais

A - área da bacia

Dd - densidade de drenagem

Quadro 9 - Classificação da densidade de drenagem por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão

Bacia	Dd (Km/Km ²)	Classes	Classificação (Dd)
6	0,59	1	Muito baixa
1	0,62		
7	0,76		
34	0,91		
19	0,91		
10	0,92		
21	0,98		
23	0,98		
9	1,03	2	Baixa
2	1,08		
3	1,08		
17	1,12		
33	1,16		
22	1,21		
26	1,23		
27	1,26		
16	1,27		
30	1,28		
24	1,31		
20	1,36		
15	1,37	3	Média
32	1,40		
5	1,45		
8	1,45		
4	1,52		
18	1,62		
14	1,62		
31	1,65		
12	1,69		
11	1,74		
28	1,91	4	Alta
25	1,94		
29	2,05		
13	2,53	5	Muito alta

Tabela 10 – Frequência absoluta e relativa das classes de densidade de drenagem por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão

Classes	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
Muito baixa	8	23,53
Baixa	12	35,29
Média	10	29,41
Alta	3	8,82
Muito alta	1	2,94
Total	34	100,00

Neste sentido e a partir da análise estatística destas tabelas e do mapa 10 é possível afirmar que a classe de Baixa Densidade de Drenagem é a que apresenta a maior representatividade quanto à frequência absoluta e relativa, 35,29%, totalizando 12 bacias, localizadas predominantemente nas porções norte, nordeste e sul da área.

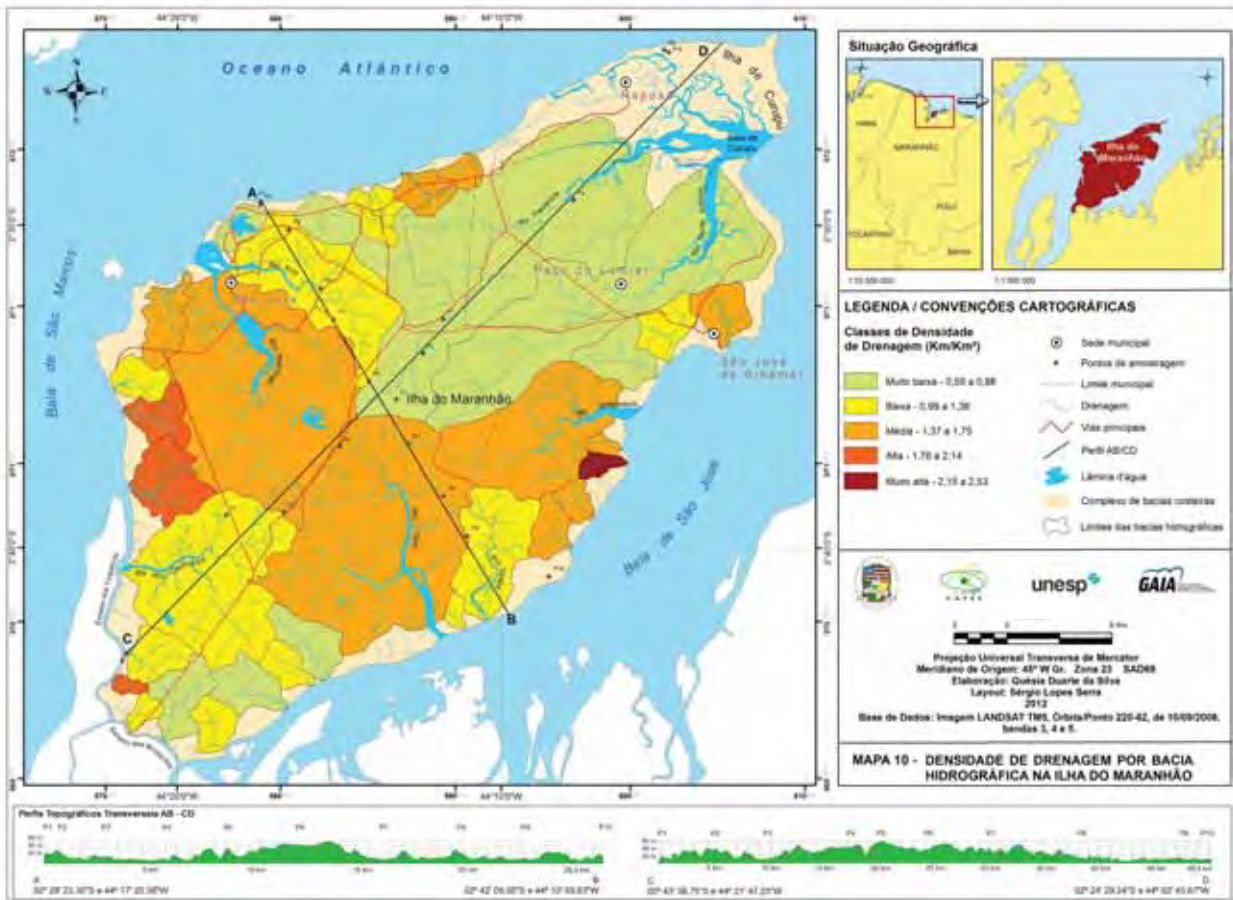
Em virtude da dimensão areal e do sentido predominante dos canais principais, a saber, nordeste-sudoeste, destacam-se, na classe Muito baixa densidade, duas bacias hidrográficas contíguas e paralelas, as bacias dos rios Paciência e do Santo Antônio.

Na porção central desta ilha ressalta-se uma área drenada por algumas bacias, sendo duas grandes, uma média e outras pequenas (Mapa 3), as quais se sobressaem por apresentarem média densidade de drenagem (Mapa 10). Estas bacias são contíguas e deságuam nas duas baías que envolvem a ilha em questão.

A classe de menor representatividade é a de Muito Alta Densidade de Drenagem; abrangendo apenas uma bacia hidrográfica a qual está situada na porção leste da Ilha do Maranhão, abrangendo 0,28% do total areal.

As bacias que apresentaram índices de Alta e Muito Alta Densidade de Drenagem são consideradas, quanto à dimensão areal, pequenas e médias, sendo que três delas, drenam suas águas para a baía de São Marcos e a outra, para a de São José.

Em geral, pode-se afirmar que na Ilha do Maranhão predominam as classes de densidade muito baixa, baixa e média, uma vez que a porcentagem acumulada destas equivale a 88,24% do total, quanto ao número de bacias.



Destaca-se ainda, que, nas áreas classificadas como de Muito Baixa Densidade de Drenagem, teoricamente há maior infiltração do que escoamento superficial e subsuperficial, com conseqüente recarga dos aquíferos.

Entretanto, considerando a expansão urbana que tem ocorrido na Ilha do Maranhão nos últimos anos, representada nas figuras 20 e 21 do capítulo 4, e a observação da paisagem realizada a partir dos trabalhos de campo, é possível afirmar que as áreas supracitadas estão sendo impermeabilizadas, devido ao processo de ocupação desordenado.

As bacias classificadas como de Média Densidade de Drenagem, com destaque (em função da dimensão areal) para as do Bacanga, Tibiri e Jeniparana, ocupam uma vasta área da Ilha do Maranhão (27,3%), sendo parte dela, fortemente antropizada.

Assim, é necessário aprofundar os estudos sobre o índice em questão, uma vez que, em se tratando de uma ilha costeira, é fundamental para as populações residentes nela que haja recarga dos aquíferos durante o período das chuvas.

Os dados de amplitude altimétrica por bacia hidrográfica foram calculados, analisados estatisticamente (Quadros 10 e 11) e geraram uma classificação (procedimentos descritos no capítulo 3) espacializada no Mapa 11.

Nesta perspectiva, pode-se afirmar que a classe de Alta Amplitude Altimétrica é a que tem a maior representatividade quanto à frequência absoluta e relativa, 32,35%, isto é, 11 bacias as quais estão localizadas predominantemente na porção central e leste da área.

A classe de menor representatividade é a Muito Alta Amplitude Altimétrica abrangendo apenas 3 bacias hidrográficas, situadas na porção centro norte/nordeste da Ilha do Maranhão.

No entanto, apesar de menor expressividade quanto ao número de bacias, a classe em questão, apresenta grande destaque quanto ao aspecto areal, uma vez que a bacia hidrográfica do rio Paciência foi considerada a terceira maior bacia hidrográfica da área.

Em geral, pode-se afirmar que na Ilha do Maranhão predominam as classes de média e alta amplitude altimétrica, uma vez que a porcentagem acumulada destas equivale a 61,76% do total (Tabela 11).

Em virtude dos critérios adotados para o cálculo deste índice (explicitados no capítulo 3), algumas bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão não foram classificadas (Mapa 11).

Quadro 10 - Amplitude altimétrica por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão

Bacia	Amplitude altimétrica média (m)
4	41,95
5	26,70
6	40,00
7	26,00
8	34,00
9	31,50
10	26,00
11a	31,00
11b	33,70
11c	23,50
11d	35,00
13	21,00
14	36,00
16	34,20
18a	18,25
18b	19,00
18c	26,50
18d	35,50
18e	30,50
18f	15,00
18g	25,00
22	30,00
23	30,00
26	26,50
27a	23,00
27b	24,00
28	31,50
31	27,50
32a	24,30
32b	36,00
32c	34,50
33a	38,50
33b	19,20

Quadro 11 – Classificação da amplitude altimétrica por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão

Bacia	Amplitude altimétrica média (m)	Classe	Classificação
18f	15,00	1	Muito baixa
18a	18,25		
18b	19,00		
33b	19,20		
13	21,00	2	Baixa
27a	23,00		
11c	23,50		
27b	24,00		
32a	24,30		
18g	25,00		
7	26,00	3	Média
10	26,00		
18c	26,50		
26	26,50		
5	26,70		
31	27,50		
22	30,00		
23	30,00		
18e	30,50		
11a	31,00		
9	31,50	4	Alta
28	31,50		
18h	32,50		
11b	33,70		
8	34,00		
16	34,20		
32c	34,50		
11d	35,00		
18d	35,50		
14	36,00		
32b	36,00	5	Muito alta
33a	38,50		
6	40,00		
4	41,95		

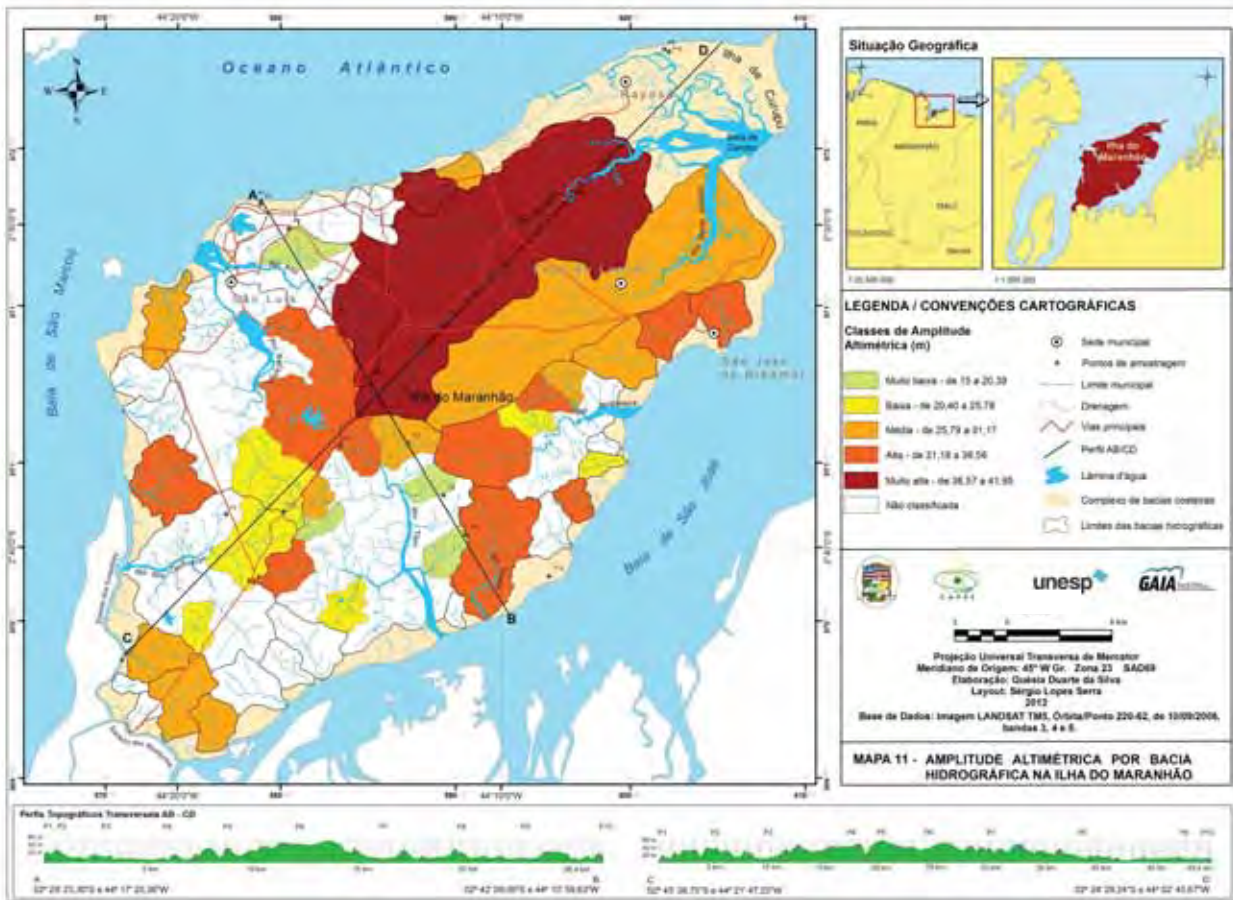


Tabela 11 – Frequência absoluta e relativa das classes de amplitude altimétrica por bacia hidrográfica na Ilha do Maranhão

Classes	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
Muito baixa	4	11,76
Baixa	6	17,65
Média	10	29,41
Alta	11	32,35
Muito alta	3	8,82
Total	34	100,00

A partir do cruzamento dos dados de densidade de drenagem com as informações geradas de amplitude altimétrica foi realizada uma matriz de dados, apresentando 5 (cinco) classes de dissecação, sugeridas na literatura especializada, a saber, muito fraca, fraca, média, forte e muito forte (ROSS e FIERZ, 2005; ROSS, 2006).

A primeira classe equivale ao algarismo 11, isto é, a classe de muito baixa densidade de drenagem e muito baixa amplitude altimétrica. A classe de fraca dissecação está relacionada aos algarismos 12, 21 e 22, que incorpora as classes de baixa densidade de drenagem e baixa amplitude altimétrica (Quadro 12).

A de média dissecação corresponde aos algarismos 13, 23, 31, 32 e 33, relativos às classes de média densidade de drenagem e de amplitude. Abrangendo os algarismos 14, 24, 34, 41, 42, 43 e 44, tem-se a classe de forte dissecação, relacionada às classes de alta densidade de drenagem e alta amplitude.

A classe muito forte dissecação corresponde às classes de muito alta densidade de drenagem e de amplitude altimétrica, e corresponde aos algarismos 15, 25, 35, 45, 51, 52, 53, 54 e 55.

Os dados gerados pela matriz de dissecação (Quadro 12 e Tabela 12) foram espacializados no programa Spring e geraram o mapa da dissecação do relevo da Ilha do Maranhão (Mapa 12).

Com base na tabela 12, pode-se afirmar que a classe de média dissecação é a que apresenta a maior representatividade quanto à frequência absoluta e relativa, 37,50%, isto é, 18 bacias.

Agrupando as classes de média e forte dissecação do relevo, tem-se a maior frequência relativa e absoluta, 64,58%, o que equivale a 31 bacias hidrográficas.

Quadro 12 – Matriz de dissecação da Ilha do Maranhão

A (m) \ Dd (km/km ²)	Muito baixa (1) de 0,59 a 0,98	Baixa (2) de 0,99 a 1,36	Média (3) de 1,37 a 1,75	Alta (4) de 1,76 a 2,14	Muito alta (5) de 2,15 a 2,53
Muito baixa (1) de 15 a 20,39	11	12	13	14	15
Baixa (2) de 20,40 a 25,78	21	22	23	24	25
Média (3) de 25,79 a 31,17	31	32	33	34	35
Alta (4) de 31,18 a 36,56	41	42	43	44	45
Muito alta (5) de 36,57 a 41,95	51	52	53	54	55

Tabela 12 – Frequência absoluta e relativa das classes de dissecação do relevo da Ilha do Maranhão

Classes de Dissecação	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
Muito fraca	4	8,33
Fraca	9	18,75
Média	18	37,50
Forte	13	27,08
Muito forte	4	8,33
Total	48	100,00

As classes que apresentam a menor frequência absoluta e relativa, quanto ao número de bacias, são as de muita fraca e de muito forte dissecação, abrangendo juntas, 8 bacias de drenagem, o que equivale à 16,66%.

O mapa 12 mostra que a classe de muito fraca dissecação está concentrada nas porções norte e sul da área de estudo. A classe de fraca dissecação predomina nas porções norte, sudoeste e sul.

A classe de média dissecação tem uma significativa abrangência na Ilha do Maranhão, principalmente nas áreas drenadas pelas bacias dos rios Bacanga, Tibiri, Santo Antônio e Jeniparana, isto é, porções centro-noroeste, sudeste e nordeste.

As áreas que apresentam forte e muito forte dissecação do relevo estão situadas, predominantemente, na porção oeste, sudeste e nordeste da ilha. As bacias que apresentaram forte dissecação estão, em geral, relacionadas à maior densidade de drenagem.

No caso da muito forte dissecação do relevo identificada na bacia hidrográfica do rio Paciência, isto ocorreu em função da grande amplitude altimétrica identificada a partir dos critérios selecionados, pois quanto à densidade de drenagem, esta bacia foi enquadrada na classe 1, isto é, de muito baixa densidade.

6.2 Caracterização dos Perfis Topográficos Transversais

Neste item, apresenta-se a caracterização das morfologias ocorrentes na Ilha do Maranhão e de Curupu a partir dos perfis topográficos transversais, A-B e C-D representados no mapa geomorfológico (Apêndice B), e da análise das 20 fichas de campo preenchidas durante os trabalhos realizados (Apêndices A).

Esta caracterização baseia-se na descrição e análise das morfologias denudacionais e agradacionais da área de estudo e refere-se à 4^a unidade taxonômica.

6.2.1 Perfil topográfico transversal A-B: praia de São Marcos à Ponta do Guarapiranga

O perfil topográfico transversal AB corta a Ilha do Maranhão na direção NW-SE, partindo da praia de São Marcos, localizada na porção norte, passando pelo tabuleiro central onde está situado o Aeroporto Marechal Cunha Machado e terminando na outra borda da área de estudo, na planície de maré, da pequena bacia hidrográfica do Tijupá.

O ponto 1 do perfil AB está localizado a 2°29'16,5" S e 44°17'25,8" W, na praia de São Marcos, numa planície costeira sub-retilínea. Encontra-se a 1m de altitude e com declividades inferiores a 2% (Mapas 9 e 10 e Apêndice B).

A forma de detalhe do ponto 1 é a praia arenosa, também denominada de face de praia (MUEHE, 1998), antepraia (SUGUIO, 2003), frente da praia (ROSSETI, 2008) e estirâncio (SOUZA et al, 2005).

Como ação morfogenética predominante, nota-se o transporte de sedimentos arenosos com a participação da água; como efeito das ações morfodinâmicas, acontece o acúmulo de areias de forma generalizada. O tipo de deposição é marinho e eólico; quanto ao seu estado, é ativa (Foto 42).



Foto 42 – Praia de São Marcos - ponto 1 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

Quanto ao tipo de ação biológica, inclusive antrópica do ponto 1, dá-se o revolvimento de terra por animais de origem marinha, a presença de raízes de espécies da flora local adaptadas a este ambiente predominantemente salino e também a alteração do ambiente natural, através de aterro para asfaltamento, e a construção de instalações comerciais e residenciais, na área do estirâncio e pós-praia (Fotos 42 e 43).

Observando o Apêndice B, é possível perceber que toda a porção norte e nordeste da Ilha do Maranhão apresenta praias arenosas, por vezes com dunas, paleodunas, falésias, paleofalésias e cordões litorâneos, os quais são fortes atrativos habitacionais, de recreação e de turismo, para a população local ou não. Tal situação requer estudos sistemáticos sobre o funcionamento deste sistema de interface.



Foto 43 – Vista da Avenida Litorânea com dunas fixas na praia de São Marcos - ponto 1 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

Destaca-se ainda que, em virtude do abundante suprimento arenoso trazido da plataforma continental, pelas diversas correntes litorâneas e pelos ventos que incidem sobre a área, a Ilha do Maranhão e de Curupu apresentam o predomínio de praias arenosas na porção norte e nordeste, as quais estão mais fortemente expostas a estes fatores e agentes, em virtude de estarem voltadas diretamente para o oceano Atlântico.

Em virtude do constante e intenso processo de deposição arenosa, defende-se que no ponto 1, e conforme afirma Bloom (1972) as ondas atuam predominantemente na morfologia costeira, sendo o principal agente da modelagem.

O ponto 2 do perfil AB está localizado a $2^{\circ}29'22''$ S e $44^{\circ}17'26,6''$ W, numa altitude aproximada de 21m, e declividade entre 6 e 12%, correspondendo a uma área de dunas fixas ou inativas, próximas à praia de São Marcos, na porção norte da Ilha do Maranhão, na planície costeira, sendo também uma área com o predomínio de processos agradacionais (Foto 44).



Foto 44 – Vista de uma área com dunas vegetadas no contato com o tabuleiro com construções verticais - ponto 2 do perfil AB, próxima à praia de São Marcos

Fonte - Silva, 2010.

A forma de detalhe é de dunas vegetadas, localizadas bem próximas à zona de contato com o tabuleiro. Essas morfologias estão relativamente bem estabilizadas em função da proteção que a cobertura vegetal oferece atualmente aos ventos que incidem na área, os quais geraram, em tempos pretéritos, as dunas e também em virtude da diminuição de suprimento de sedimentos oriundos do estirâncio, uma vez que foi instalada, pelo poder público, uma avenida na área de pós-praia, separando a praia ou estirâncio da base das dunas ocorrentes na área.

Neste ponto observado, não há dunas móveis, apenas a face litorânea, a praia, a avenida localizada na área do pós-praia e a duna vegetada.

O ponto 2 contém depósitos arenosos da Formação Açuí e da Formação Barreiras, como se pode observar na foto 44. Têm-se ainda depósitos tecnogênicos em função da presença de resíduos sólidos depositados pela população ou transportado pela ação dos ventos. Como se trata de uma área de interface e de topo de encosta é possível observar as lateritas da Formação Barreiras.

Como efeito das ações morfogenéticas e morfodinâmicas, há o acúmulo de areias de forma generalizada e a concentração de lateritas. O tipo de deposição é eólico. Há ocorrência de paleodunas estabilizadas.

Quanto ao tipo de ação biológica inclusive antrópica, constata-se o revolvimento de terra por animais de origem marinha, a presença de raízes de espécies da flora local e a alteração do ambiente natural, através de trilhas para pedestres.

O ponto 3 do perfil AB está localizado a 2°30'08,9" S e 44°16'34,14" W, numa altitude aproximada de 14m e declividade entre 2 a 6%, correspondendo a uma área interfluvial, na porção norte da Ilha do Maranhão (Foto 45).



Foto 45 – Vista da Avenida Carlos Cunha numa área de tabuleiro com topo plano – ponto 3 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

É uma área com colinas esparsas, dissecadas pelos processos exógenos, com aterros, cortes, terraplanagem, retirada de material de empréstimo e com processos erosivos predominantemente laminares. Contém uma estrutura urbana, com uma importante via expressa da cidade e prédios públicos.

O tipo de modelado de dissecção é homogêneo em virtude das rochas aflorantes, pertencentes à Formação Barreiras, com sedimentos areno-argilosos inconsolidados.

Apresenta fraca dissecção, sendo classificada como Dc12, isto é, relevo denudacional com colinas esparsas e fraco índice de dissecção (Apêndice B).

Quanto à ação biológica, surgem, considerando a cobertura vegetal ainda presente nas bordas dos pequenos riachos, raízes e atividades de formigas e/ou térmitas. Em virtude da construção da via de acesso e dos prédios já instalados, grande parte da cobertura vegetal foi retirada.

O ponto 4 do perfil AB está localizado a $2^{\circ}31'58,4''$ S e $44^{\circ}15'35,2''$ W, numa altitude aproximada de 17m, e declividade de 6 a 12%. É uma área intensamente dissecada, com vertente retilínea de plano inclinado, predominando os processos denudacionais (Foto 46).



Foto 46 – Vista da Avenida Daniel de La Touche numa área de tabuleiro com vertente retilínea – ponto 4 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

A área é ocupada com a estrutura urbana de conjuntos residenciais com vias de acesso principais e secundárias, com forte tráfego de veículos e pessoas. É possível observar, em algumas encostas, a inclinação de algumas árvores indicando o processo de rastejamento e erosão linear.

Apresenta fraca dissecação, sendo classificada como Dv12, isto é, relevo denudacional com vertentes côncavo-convexas e retilíneas e fraco índice de dissecação (Apêndice B).

O ponto 5 do perfil AB está localizado a $2^{\circ}32'56,4''$ S e $44^{\circ}15'10,9''$ W, numa altitude aproximada de 29m, e declividade de 2 a 6%. É uma área de contato entre o tabuleiro com topo plano e as colinas esparsas intensamente dissecadas, com vertentes côncavas muito extensas, superiores a 100m; os topos das colinas são convexos e com predomínio dos processos erosivos, dos quais se destacam os laminares.

Apresenta fraca dissecação, sendo classificada como Dtp12, isto é, relevo denudacional de tabuleiros com topos planos e fraco índice de dissecação (Apêndice B).

A área passou pelo processo de terraplanagem para a instalação das grandes vias de acessos; tem-se atividades urbanas relacionadas à residências e pequenos comércios (Foto 47).



Foto 47 – Vista do viaduto do bairro Radional numa área de tabuleiro com topo convexo e vertente côncava - ponto 5 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

O ponto 6 do perfil AB está localizado a $2^{\circ}34'51,8''$ S e $44^{\circ}14'05,5''$ W, numa altitude de aproximadamente 42m, e declividade de 0 a 2%. É a área do tabuleiro central da Ilha do Maranhão, com topos planos e amplas vertentes.

Apresenta muito fraca dissecação, sendo classificada como Dtp11, isto é, relevo denudacional com tabuleiros com topos planos e muito fraco índice de dissecação (Apêndice B).

À medida que se afasta desta área, a topografia se comporta com altitudes gradativamente mais baixas, até atingir o nível do mar; os processos erosivos são predominantemente laminares (Foto 48).



Foto 48 – Vista parcial da área do Aeroporto Cunha Machado num tabuleiro com topos planos - ponto 6 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

Do ponto de vista hidrológico, esta área é fundamental para a ilha, em função da sua grande capacidade de recarga dos aquíferos. A partir dela, muitos cursos principais das bacias hidrográficas nascem e divergem para todas as direções, seguindo o padrão radial centrífugo (Apêndice B).

Em função da instalação do Aeroporto Internacional Marechal Cunha Machado e das áreas residenciais e comerciais que o margeiam, grande parte da cobertura vegetal já foi retirada, o que gera problema para a recarga dos aquíferos.

Os pontos 7 ao 10 estão localizados na área rural do município de São Luís e por isto, apresentam usos e cobertura de solo semelhantes. Em virtude da dificuldade de acesso e da relativa distância destas áreas das regiões socioeconômicas mais dinâmicas da capital estadual, tem-se uma fraca ocupação destes espaços, percebida através do registro fotográfico.

O ponto 7 do perfil AB está localizado a $02^{\circ}36'48,83''$ S e $44^{\circ}12'52,3''$ W, numa altitude aproximada de 31m e declividade de 0 a 6%. É uma área de planície fluvial, pertencente ao canal principal do rio Santa Bárbara, principal afluente da bacia hidrográfica do Tibiri, que deságua na porção sudeste da Ilha do Maranhão, na baía de São José (Foto 49 e Apêndice B).



Foto 49 – Vista da vegetação característica de fundo de vale da planície fluvial do rio Santa Bárbara - ponto 7 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

Em função dos processos predominantemente agradacionais, tem-se um relevo plano, com afloramento do lençol freático. Quanto ao padrão dos canais, o canal principal do Santa Bárbara é reto, não existindo drenagem fechada.

Considerando que é uma área rural, há uma ocupação menos densa que nas áreas urbanas, com vias sem pavimentação, que passaram pelo processo de terraplanagem, e revelam marcas de pisoteio de animais no solo.

O ponto 8 do perfil AB está localizado a $02^{\circ}38'23,7''$ S e $44^{\circ}11'47,4''$ W, numa altitude de aproximadamente 18m, e declividade de 6 a 12%. É uma área rural com colinas esparsas e vertentes convexas (Foto 50).

Esta área apresenta média dissecação, sendo classificada como Dc13, isto é, relevo denudacional com colinas esparsas e médio índice de dissecação (Apêndice B).

Os processos erosivos predominantes são os laminares e em sulcos, com ação biológica presente na pedogênese, em virtude da cobertura vegetal ainda existente.

O ponto 9 do perfil AB está localizado a $02^{\circ}39'38''$ S e $44^{\circ}11'03,8''$ W, numa altitude aproximada de 35m, e declividade de 6 a 12%. É uma área de tabuleiros com topos planos, com um modelado homogêneo, ocupada por uma população de baixa renda e rural (Foto 51).

Apresenta fraca dissecação, sendo classificada como Dtp22, isto é, relevo denudacional com tabuleiros com topos planos e fraco índice de dissecação (Apêndice B).

No período chuvoso, concentrado no primeiro semestre de cada ano, os processos erosivos relacionados às chuvas são laminares e em sulcos.

O ponto 10, localizado na Ponta do Guarapiranga, a leste do perfil AB, está situado na porção sudeste da Ilha do Maranhão, a $02^{\circ}40'53,9''$ S e $44^{\circ}08'31,7''$ W, numa altitude aproximada de 0 m, e declividade de 0 a 2% (Foto 52).

É uma área costeira protegida dos fortes ventos e correntes litorâneas, em função de sua situação recuada. Apresenta morfologias diversas, bem próximas entre si, em virtude da dinâmica oceanográfica atuante, dentre elas, as planícies de maré, terraço marinho, praia, falésia e plataforma de abrasão (Apêndice B).

Em virtude da escala adotada neste trabalho e da opção de evitar deixar o mapa de unidades de relevo sobrecarregado de informações, não foi possível representar todas estas morfologias.

A planície de maré da Ponta do Guarapiranga é quase completamente encoberta pelas águas na maré alta e exposta na maré baixa; é suavemente inclinada, com largura média, de 50 a 150m, com sedimentos argilo-arenosos depositados pela ação das macromarés.



Foto 50 – Vista da estrada localizada num tabuleiro com topo convexo - ponto 8 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.



Foto 51 – Vista da estrada localizada num tabuleiro com topo plano - ponto 9 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.



Foto 52 – Planície de maré na Ponta do Guarapiranga- ponto 10 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

Assim como em outras áreas da Ilha do Maranhão, existem diversas reentrâncias nesta planície de maré, com canais de maré e vegetação de mangues, indicando a interação dos sistemas fluviais e costeiros.

Considerando as zonas de supramaré, de inframaré e de intermaré caracterizadas no item 5.1, pode-se afirmar que na porção superior da zona de intermaré da Ponta de Guarapiranga, tem-se a colonização de mangues, ainda jovens (Fotos 53 e 54).

Na zona de supramaré, observa-se a presença de sedimentos arenosos formando uma pequena praia (Foto 54). Tal situação ocorre em várias áreas da Ilha do Maranhão, notadamente na porção noroeste, leste e sudeste (Apêndice B).

Após a praia, surge uma área de terraço marinho baixo, inferior a 1 m de altitude em relação à praia, de coloração escura, facilmente observado em campo (Fotos 55).

Os terraços pleistocênicos estão situados em posição mais elevada e interna da planície costeira e são “... frequentemente representados por areias quartzosas finas e claras, geralmente lixiviadas, podendo gradar para areias acastanhadas a pretas, impregnadas de ácidos orgânicos...”, ou seja, húmicos e fúlvicos (FURRIER, 2007, p. 45).



Foto 53 – Zona de intermaré na Ponta do Guarapiranga- ponto 10 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.



Foto 54 – Vista da zona de supramaré na Ponta do Guarapiranga - ponto 10 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.



Foto 55 – Berma do terraço marinho na Ponta do Guarapiranga - ponto 10 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

Observando a foto 55, as características visuais dos sedimentos do terraço marinho da Ponta de Guarapiranga assemelham-se àquelas caracterizadas por Furrier (2007), necessitando-se ainda de mais dados desta área para confirmar ou não o que foi descrito.

Com uma distância média de 200 m à leste da Ponta do Guarapiranga, há uma falésia ativa na porção interna, na zona de supramaré, com afloramento de sedimentos da Formação Barreiras e uma plataforma de abrasão na zona de intermaré, identificada pela presença de seixos, calhaus e matacões oriundos originalmente da falésia e fragmentados, transportados e depositados pela ação das ondas e marés.

De acordo com Rosseti (2006), as falésias são morfologias presentes em costas erosivas resultantes de processos costeiros e eólicos. São abundantes em toda a costa brasileira e estão presentes na Ilha do Maranhão, especialmente nas porções noroeste, sudeste e leste (Foto 56).

Considerando que as falésias da ilha estão associadas aos sedimentos da Formação Barreiras, areno-argilosos e siltitos pouco consolidados e muito susceptíveis aos processos erosivos “... resultantes da ação combinada de ventos, ondas e correntes de maré” (ROSSETI, 2008, p. 276), essas morfologias apresentam faces verticais constantemente deslocadas e recuadas em direção ao continente.



Foto 56 – Falésias ativas na costa sudeste da Ilha do Maranhão – vista da Ponta do Guarapiranga – ponto 10 do perfil AB
Fonte - Silva, 2010.

6.2.2 Perfil topográfico transversal C-D: do povoado de Coqueiro à porção norte da ilha de Curupu

O perfil topográfico transversal C-D corta a área de estudo na direção SW-NE, partindo do povoado de Coqueiro, localizado na porção sudoeste da Ilha do Maranhão, passando pelo tabuleiro central onde está situado o Aeroporto Marechal Cunha Machado e terminando na outra borda da área de estudo, na planície costeira da ilha de Curupu.

O ponto 1 do perfil CD está localizado a $2^{\circ}43'31,2''$ S e $44^{\circ}21'42''$ W, no povoado denominado Coqueiro, na zona de intermaré da planície de maré, porção sudoeste da Ilha do Maranhão (Foto 57).

Esta área apresenta altitudes que variam de aproximadamente 0 a 5 m, declividades de 6 a 12%, gerando estreitas planícies de maré; é uma área protegida da ação das ondas em virtude de sua situação geográfica, na porção frontal para a ilha de Tauá-Mirim,

separada desta apenas por um canal denominado estreito dos Coqueiros. Por isso, não há ocorrência de praias arenosas nesta porção costeira da Ilha do Maranhão.



Foto 57 – Vista panorâmica da estreita planície de maré do porto do Cajueiro – ponto 1 do perfil CD
Fonte - Silva, 2011.

A vegetação de mangue, intensamente utilizada pela população local (residências e comércios), está degradada, conforme é possível observar na foto 57. Além disso, as construções residenciais que predominam na área dos tabuleiros, avançam sobre as planícies de maré, reduzindo a vegetação deste ambiente geomórfico.

O ponto 2 do perfil CD está localizado a $2^{\circ}38'59,2''$ S e $44^{\circ}18'29,2''$ W, com declividade variando entre 6 a 20%, altitude de aproximadamente 30 a 40m, numa área com colinas esparsas, na porção sudoeste da Ilha do Maranhão (Foto 58).

Apresenta fraca dissecação, sendo classificada como Dc12, isto é, relevo denudacional com colinas esparsas e fraco índice de dissecação (Apêndice B).

Em virtude do uso atual, pela atividade extrativa de areia para a construção civil, tornou-se uma área degradada, com atuação de intensos processos erosivos, comandados pela ação areolar e linear.



Foto 58 – Vista parcial de uma área de extração de areia no Distrito Industrial de São Luís– ponto 2 do perfil CD
Fonte - Silva, 2011.

Apesar de estarem inseridas na zona do Distrito Industrial de São Luís, esta e muitas outras áreas de extração mineral encontradas na porção sudoeste da Ilha do Maranhão são ilegais (MARANHÃO, 1998a).

Após o uso, estas áreas são abandonadas e não passam pelo processo de recuperação previsto pela legislação em vigor, especialmente definida através do Código de Proteção do Meio Ambiente do Estado do Maranhão, Decreto Estadual n. 13.494 de 1993.

O ponto 3 do perfil CD está localizado a $2^{\circ}38'54,1''$ S e $44^{\circ}16'43''$ W, com altitude aproximada de 36m no tabuleiro da porção central da Ilha do Maranhão. Nesta área, as morfologias foram muito alteradas em função da construção da BR 135, à qual é a única via de acesso rodoviário ao continente, o que implica em frequentes ocorrências de aterros (Foto 59 e Apêndice B).

Esta área se comporta morfologicamente como o principal divisor das águas das bacias hidrográficas da ilha; os tabuleiros se caracterizam por terem topos planos e convexos.

Apresenta muito forte dissecação, sendo classificada como Dtp53, isto é, relevo denudacional com tabuleiros com topos planos e muito forte índice de dissecação (Apêndice B).

Quanto aos processos erosivos predominantes, destacam-se os areolares e os lineares. Os primeiros, gerados pela ação laminar, são frequentes nos topos planos. Os processos lineares ocorrentes nas vertentes pouco ou muito íngremes e a eles expostas pela escassez da cobertura vegetal geram ravinas e sulcos.



Foto 59 – Tabuleiro dissecado e aterrado situado na porção central da ilha – ponto 3 do perfil CD
Fonte - Silva, 2010.

O ponto 4 do perfil CD está localizado a $2^{\circ}36'52,8''$ S e $44^{\circ}14'58,3''$ W, com altitude de 37m, numa área de cabeceira de drenagem, na forma de anfiteatro, na porção noroeste da bacia hidrográfica do Tibiri (Foto 60).

O modelado homogêneo é de dissecação, com topo tabular próximo à vertente retilínea em plano inclinado, com desnível médio entre 10 e 25 m, aproximadamente. O vale é assimétrico, fechado e em forma de V.

Apresenta média dissecação, sendo classificada como Dtp23, isto é, relevo denudacional com tabuleiros com topos planos e médio índice de dissecação (Apêndice B).

Esta área tem sido sujeita a processos erosivos areolares e lineares, em forma de sulcos bem como a forte degradação pela ocorrência de queimadas, de depósitos tecnogênicos e de retirada da cobertura vegetal, com atulhamento dos canais (Foto 60).

O ponto 5 do perfil CD, localizado a $2^{\circ}35'24,9''$ S e $44^{\circ}13'15,1''$ W, numa altitude de aproximadamente 40 m, está situado na porção central da Ilha do Maranhão, a leste do aeroporto Marechal Cunha Machado, numa área de tabuleiro, com topos planos, densamente ocupada por uma população de baixa renda (Foto 61).



Foto 60 – Cabeceira de drenagem em anfiteatro na porção noroeste da bacia do rio Tibiri– ponto 4 do perfil CD
Fonte - Silva, 2010.



Foto 61 – Área de tabuleiro com topos planos e densamente ocupada - ponto 5 do perfil CD
Fonte - Silva, 2010.

Apresenta fraca dissecação, sendo classificada como Dtp11, isto é, relevo denudacional com tabuleiros com topos planos e muito fraco índice de dissecação (Apêndice B).

O ponto 6 do perfil CD está localizado a $2^{\circ}33'59,1''$ S e $44^{\circ}12'25,2''$ W, numa altitude aproximada de 46 m. Encontra-se situado próximo ao rio Paciência, na porção central da Ilha do Maranhão e apresenta morfologias muito alteradas pela ocupação humana. Atualmente estas morfologias são caracterizadas por apresentarem colinas esparsas com vertentes retilíneas e atuação de processos laminares (Foto 62).



Foto 62 – Vertente ocupada e alterada pela ação humana – ponto 6 do perfil CD
Fonte - Silva, 2010.

O ponto 7 do perfil CD localiza-se a $2^{\circ}32'54,6''$ S e $44^{\circ}11'47,7''$ W, numa altitude aproximada de 20 m, na planície fluvial do rio Paciência. Quanto ao padrão de canais, o rio é dendrítico e quanto ao tipo de canal, é reto (Foto 63).

Em virtude da expansão de ocupação, ocorrem nas proximidades do fundo de vale, terraplanagem para a construção de residências e outras estruturas urbanas, acelerando os processos erosivos e deposicionais.



Foto 63 – Vista panorâmica da área úmida da planície fluvial do rio Paciência – ponto 7 do perfil CD
Fonte - Silva, 2010.

O ponto 8 do perfil CD está localizado a $2^{\circ}29'12,2''$ S e $44^{\circ}07'46,1''$ W, na altitude aproximada de 1 m, no denominado Porto de Pindoba, situado no baixo curso do rio Paciência, na porção nordeste da Ilha do Maranhão (Foto 64).

É uma área de estuário, com planície de maré, mangues e sedimentos predominantemente argilosos. É um relevo agradacional, baixo e plano, com a atuação de processos fluviomarinhos.

A drenagem é dendrítica e, por ser uma área estuarina com forte influência da maré, os canais são sinuosos e apresentam forte dinâmica quanto à mobilidade dos sedimentos.

É possível perceber total falta de estrutura física para os pescadores, como banheiros, e de cais para os barcos e ainda se registra a presença de resíduos sólidos depositados de maneira inadequada, podendo gerar problemas aos animais que vivem na área.

O ponto 9 do perfil CD está localizado a $2^{\circ}24'32,6''$ S e $44^{\circ}04'58,8''$ W, na altitude de 4 m, na ilha do Curupu. Trata-se de uma área de campo de dunas, localizada na porção norte da ilha, na localidade denominada Carimã (Foto 65).



Foto 64 – Porto de Pindoba, no baixo curso do rio Paciência – ponto 8 do perfil CD
Fonte - Silva, 2010.



Foto 65 – Campo de dunas na praia do Carimã, na ilha de Curupu, com atulhamento de uma planície de maré - ponto 9 do perfil CD
Fonte - Silva, 2010.

Nesta área, veem-se lençóis de areia, dunas barcanas e longitudinais, as quais, em função da direção predominante dos ventos, são movimentadas para o sudoeste e oeste. O pontal da praia de Carimã está sendo prolongado rapidamente para oeste. Observa-se na foto 65, o assoreamento de uma paleo planície de maré, registrada pela existência de troncos de mangues recobertos pelos sedimentos dunares.

Na foto 66 é possível visualizar o que Suguio (1992) denomina de marca ondulada. Para este autor, esta micromorfologia se refere a uma

Superfície ondulada mais ou menos regular, composta de cristas e calhas alternadas e paralelas entre si, transversais à corrente, que são formadas e mantidas na interface entre o fluido em movimento (água, vento etc) e um sedimento incoesivo (em geral areia) pela interação entre o fluido e o sedimento transportado (p. 85).



Foto 66 – Marca ondulada pela ação do vento de uma crista dunar na ilha de Curupu - ponto 9 do perfil CD
Fonte - Silva, 2010.

No caso do ponto 9 em questão, o fluido em movimento é o vento, gerando transporte dos sedimentos da praia para o campo dunar e deste, para a planície de maré localizada ao sul do campo.

Tal fenômeno pode ser entendido ao analisar-se a foto 67, que mostra o assoreamento da planície de maré, localizada próxima ao ponto 9, com materiais arenosos e incoesos transportados pelo vento, do campo subsequente de dunas. Este fenômeno ocorre em muitas áreas da ilha de Curupu.



Foto 67 – Avanço do campo dunar em direção à planície de maré pela ação do vento na ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2010.

O ponto 10 do perfil CD está localizado a $2^{\circ}24'37,2''$ S e $44^{\circ}04'50''$ W, na porção norte da ilha de Curupu, num campo de paleodunas vegetadas (Foto 68). Em toda a ilha e nas áreas depressionárias das dunas ativas e inativas, surgem as planícies lacustres margeando as morfologias predominantemente arenosas.

Considerando o período que foi realizado o trabalho de campo registrado pelas fotos aqui apresentadas e as características climáticas da área, com chuvas ocorrentes e concentradas no primeiro semestral anual, as planícies lacustres raramente apresentam águas superficiais no segundo semestre, salvo aquelas mais profundas.

Em virtude da intensa ocupação do espaço na Ilha do Maranhão, várias obras²⁹ foram ou estão sendo instaladas nos mais diversos pontos, como a Barragem do Bacanga, o Aterro do Bacanga, as diversas pontes sobre o rio Anil, a Avenida Litorânea, o Residencial Casa do Morro, o “Espigão Costeiro”, na Ponta d’Areia, a Via Expressa, a ponte Quarto Centenário e diversas outras, as quais geraram (quando instaladas) e/ou poderão gerar sérios problemas morfológicos.

²⁹ Obras licenciadas ou não pelo poder público.



Foto 68 – Vista de paleodunas vegetadas circundadas por planícies lacustres na ilha de Curupu
Fonte - Silva, 2010

7 CONCLUSÕES

A Ilha do Maranhão, situada na porção norte do Estado do Maranhão, apresenta paisagens morfológicas, as quais estão associadas ao ambiente costeiro. Estas paisagens estão sendo modificadas ao longo do tempo pela ação dos processos endógenos e exógenos que constroem e modelam as morfologias ocorrentes.

Por se tratar de uma área costeira, com interface entre o sistema continental e marinho, muitas modificações são rápidas e intensas, em virtude da morfodinâmica, com forte influência da ação humana.

Segundo dados do IBGE (2010), a população da ilha em questão superou a marca de 1 milhão de habitantes e tal concentração de pessoas, aliada à também concentração de serviços, tem gerado alterações nas paisagens morfológicas.

Nesta perspectiva, e considerando que o mapa geomorfológico é uma importante ferramenta em projetos de planejamento da ocupação humana e que é simultaneamente o instrumento e a síntese da pesquisa, optou-se por analisar o relevo da área a partir da proposta metodológica de Ross (1992, 1994, 1997 e 2006), com base nas concepções de morfoestrutura e morfoescultura, com vistas ao planejamento ambiental.

Objetivou-se ainda apresentar o quadro geoambiental da área, mapear os compartimentos do relevo e caracterizar as geoformas e os processos morfogenéticos e morfodinâmicos responsáveis pela formação e esculturação das morfologias.

A partir da proposta metodológica adotada, dos dados levantados e gerados, e dos mapas temáticos elaborados, fez-se um quadro de correlações (Apêndice B), contendo a caracterização geoambiental da área e os compartimentos do relevo.

Sendo assim, pode-se afirmar que, de fato, diversas são as paisagens morfológicas na Ilha do Maranhão e de Curupu, espacializadas no mapa geomorfológico, e que estas paisagens estão relacionadas ao conjunto de elementos naturais e antrópicos presentes na área.

Todas estas paisagens estão no interior da 1ª e da 2ª unidades taxonômicas do relevo, sendo respectivamente, a Bacia Costeira de São Luís e o Golfão Maranhense.

Este golfão apresenta dois subcompartimentos morfoesculturais, que incluem os relevos denudacionais e os agradacionais relacionados aos 3º e 4º níveis taxonômicos.

As morfologias denudacionais apresentam quatro modelados diferentes, a saber, os tabuleiros com topos planos, as falésias, as colinas esparsas e as vertentes côncavo-

convexas. Estes compartimentos apresentam a Formação Barreiras como unidade litoestratigráfica ocorrente.

Os tabuleiros com topos planos ocorrem na porção central da Ilha do Maranhão. Apresentam, em geral, variação altimétrica de 40 a 60 metros, declividade de 0 a 6%, dissecação de muito fraca a média e com índices DTp 11, 12, 23 e 31. Os dois tipos de solos predominantes são os Argissolos Vermelho-Amarelos e os Neossolos Quartzarênicos Órticos Distróficos.

Os processos morfodinâmicos atuais, que ocorrem nos tabuleiros, nas colinas esparsas e nas vertentes se referem aos areolares e lineares, sob a ação da chuva, dos ventos, dos rios, das enxurradas e da ação humana.

As falésias ocorrem nas bordas dos tabuleiros, no contato destes com as praias. As altitudes vão de 7 a 40 metros, com declividade de 12 a acima de 30%, com presença de Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários. Os processos morfodinâmicos do relevo em questão estão relacionados à ação das ondas, dos ventos, das chuvas e da ação humana.

As colinas esparsas são encontradas nas áreas em que outrora ocorriam os tabuleiros com topos planos; caracterizam-se por terem altitudes médias de 20 a 30 metros, declividades de 2 a 30%, dissecação de muito fraca a muito forte, com índices Dc 11, 12, 13, 14, 21, 23, 24, 31, 42, 43, 45, 52, 53 e 55. Nota-se a presença dos Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários e os Neossolos Quartzarênicos Órticos Distróficos.

No subcompartimento das vertentes côncavo-convexas, as altitudes médias estão em torno de 10 a 20 metros, declividades 2 a 12% e apresentam dissecação de muito fraca a média, isto é, Dv 11, 12, 23 e 31.

Acredita-se que este compartimento, assim como as colinas esparsas, foi dissecado pelos processos denudacionais, indicando que outrora apresentava as mesmas características ora presentes nos tabuleiros com topos planos. Os Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários e os Neossolos Quartzarênicos Órticos Distróficos predominam neste compartimento.

Os próximos seis subcompartimentos morfoesculturais estão relacionados às morfologias agradacionais, que são as planícies fluviais, os terraços marinhos, as paleodunas, as praias e dunas, os apicuns e as planícies de maré.

Compreendem áreas de muito fraca dissecação, por não serem morfologias denudacionais e abrangem uma única unidade litoestratigráfica, a Formação Açuí.

As planícies fluviais ocorrem nas bordas dos canais fluviais e são caracterizadas pela presença de depósitos aluvionares e coluvionares, com altitudes médias entre aproximadamente 10 e 20 metros e declividades de 0 a 6%; Os solos predominantes são os Gleissolos enquanto que, os processos atuantes são os agradacionais relacionados à ação deposicional e erosiva da drenagem.

Os terraços marinhos estão situados próximos à linha da costa, com ocorrência dos depósitos marinhos litorâneos e depósitos coluvionares e, em média, apresentam altitudes entre 0 a 5 metros aproximadamente, declividades de 0 a 2%, com Neossolos Quartzarênicos Alumínicos.

Os processos morfogenéticos destas geoformas estão relacionados à mudança relativa do nível da terra e/ou do mar; os morfodinâmicos referem-se aos processos comandados pela ação das chuvas, dos ventos, das enxurradas e humana.

As paleodunas ocorrem na ilha de Curupu e também na porção norte e nordeste da Ilha do Maranhão. Estas geoformas estão associadas às altitudes de 0 a 20 metros, declividades de 0 a 12% e aos Neossolos Quartzarênicos Alumínicos. Os processos morfodinâmicos se referem à pedogênese, responsável pela fixação da cobertura vegetal e estabilização destas formas.

As praias e dunas estão situadas predominantemente nas porções norte e nordeste da Ilha do Maranhão e de Curupu, em função da influência das ondas, das correntes litorâneas, dos ventos e da ação humana.

Na Ilha do Maranhão, esta unidade geomórfica abrange também as dunas ativas e inativas, conforme registro na escala adotada. As praias estão associadas às altitudes de 0 a 7 metros e declividades de 0 a 2%. Já as dunas ativas e inativas apresentam altitudes variando de 7 a 30 metros e declividades de 2 a 30%.

Nas praias, ocorrem os depósitos marinhos litorâneos e, nas dunas ativas e inativas, os depósitos eólicos litorâneos. Assim como nas paleodunas, as praias e dunas ativas também apresentam Neossolos Quartzarênicos Alumínicos.

Os apicuns apresentam altitudes de 2 a 7 metros, declividades de 0 a 2%, com ocorrência de depósitos de mangue, depósitos aluvionares e coluvionares, Solos Indiscriminados de Mangue e Neossolos Quartzarênicos Alumínicos.

Estas morfologias se caracterizam por estarem numa zona de contato entre as planícies de maré e as encostas. Assim, os processos morfodinâmicos atuantes estão relacionados aos agradacionais das planícies de maré em direção aos apicuns, e aos

denudacionais responsáveis pelo intemperismo, erosão e transporte dos depósitos sedimentares das encostas em direção às morfologias em questão.

As planícies de maré ocorrem nas áreas com altitudes de 0 a 20 metros, predominando nas altitudes até 10 metros e com declividade de 0 a 6%, e, excepcionalmente de 6 a 12%.

Encontram-se nestas áreas os depósitos de mangue e os Solos Indiscriminados de Mangue. Os processos morfodinâmicos atuantes nestas morfologias dizem respeito à ação deposicional das correntes de maré, dos rios e da ação humana.

Em geral, esta última tem sido capaz de alterar as paisagens geomorfológicas da Ilha do Maranhão e de Curupu, através do uso inadequado dos recursos naturais e da ocupação inadequada.

No primeiro caso, há a retirada indiscriminada da cobertura vegetal, extração ilegal de areia, piçarra, silte e argila, nas áreas de recarga de aquíferos, e de apicuns, despejo inadequado de resíduos líquidos e sólidos nas mais diversas morfologias, acelerando os processos areolares e lineares modificadores dos sistemas naturais em questão.

Quanto à ocupação inadequada da área, percebeu-se que isto ocorre em todas as morfologias estudadas pela ação do atores sociais presentes, para os mais diversos fins urbanos e rurais.

Apesar da criação e publicação de leis federais, estaduais e municipais, incluindo planos diretores, código de proteção ambiental e outros documentos, visando a direcionar o uso e ocupação da área de estudo, tanto os usos/ocupações ilegais quanto legais têm gerado alterações morfológicas na área, como terraplanagem, assoreamento e retificação de canais, construção de diques costeiros, construção de avenidas em áreas de praias e dunas, edificação de prédios residenciais e comerciais em áreas com morfologias agradacionais protegidas por leis, aterramento de rios e canais de maré, deposição de resíduos líquidos e sólidos em áreas impróprias, como em cabeceiras de drenagem e locais de recarga de aquíferos.

Definindo-se paisagem, neste trabalho, como a representação do todo ambiental, dinâmico e complexo, sob o enfoque totalizador, pode-se afirmar que as paisagens geomorfológicas desta área de estudo são complexas, estão sujeitas às mais diversas alterações de curto, médio e longo prazo e resultam da interação dos processos naturais e antropogênicos.

Considerando-se que a área de estudo em questão está localizada na região costeira nordestina do Brasil com intenso e rápido processo de urbanização, que é importante estudar as paisagens morfológicas litorâneas em função da singularidade das áreas, que o

mapeamento geomorfológico é indispensável para viabilizar o inventário do relevo e que o estudo das morfologias terrestres é fundamental para o planejamento geoambiental, defende-se que a hipótese apresentada neste trabalho foi confirmada.

Tornou-se possível, pois, realizar uma análise efetiva das morfologias da Ilha do Maranhão a partir dos níveis taxonômicos do relevo, objetivando compreender as paisagens da área, com vistas ao planejamento ambiental.

Acredita-se que o objetivo geral e os objetivos específicos foram alcançados neste trabalho e que surgiram novos temas a serem pesquisados na área, como:

- O iminente processo de captura fluvial na porção centro-sudoeste da Ilha do Maranhão;
- Surgimento e/ou desaparecimento de ilhas costeiras, pelos processos de deposição/erosão;
- Ampliação da área dunar e redução da planície de maré na ilha de Curupu por processos deposicionais;
- Alteração das características morfométricas das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão em virtude do uso e ocupação inadequados do solo;
- Evolução e características sedimentológicas dos apicuns;
- Características geomorfológicas das áreas de extração mineral após o abandono da atividade;
- Identificação da orientação das vertentes da Ilha do Maranhão;
- Elaboração do mapa de solos detalhado na área de estudo;
- Localização e caracterização das morfologias com impactos ambientais negativos;
- Identificação da intensidade da dissecação da Ilha do Maranhão a partir da análise altimétrica dos canais de segunda ordem, conforme a proposta de Strahler (CHRISTOFOLETTI, 1980).

REFERÊNCIAS

ABREU, A. A. A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 4, n. 2, 2003, p. 51-67.

AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**. Ano 3, n. 5, 1960, p. 35-40.

_____. Problemas do mapeamento geomorfológico no Brasil. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 6, 1969, p. 1-16.

_____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALMEIDA, H. G. (Org.) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís SW/NW, Folhas SA.23-V e SA.23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do arroio Boa Vista – Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 8, n. 21 Jun/2007 p. 46 – 58. Disponível em: < <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em: 01 out. 2011.

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia**. Revista do Instituto de Geociências da USP. Série Científica. USP: São Paulo. V. 6, n. 2, out. 2006, p. 1-6. Disponível em: <www.ige.usp.br/geologiausp> Acesso em: 28 jul. 2010.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, p. 365-391.

ASSUMPCÃO, H. C. P.; HADLICH, G. M. Mapeamento geomorfológico preliminar da Folha Seabra (SD24-V-A-I), Bahia, com o uso de imagem SRTM. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal, Brasil. **Anais...** Natal: INPE, p. 3487-3494. Disponível em:< <http://www.inpe.br/biblioteca>>. Acesso em 10 mai 2010.

BARBOSA, G. V. et al. Evolução da metodologia para mapeamento geomorfológico do projeto RADAMBRASIL. **Boletim Técnico** (Série Geomorfologia, n. 1P. 187). Salvador, MME, 1984, p. 3-26.

BASTOS, A. C.; SILVA, C. G. Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 48: (1), 2000, p. 41-60.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, v. 13, IG-USP, 1972, p. 1-27.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Tradução de Messias Modesto dos Passos. Maringá: Massoni, 2007.

BEZERRA, D. S. **O ecossistema manguezal em meio urbano no contexto de políticas públicas de uso e ocupação do solo na bacia do rio Anil, São Luís, Maranhão**. Dissertação de Mestrado (Mestrado de Saúde e Ambiente). São Luís: UFMA, 2008.

BIGARELLA, J. J. Contribuição ao Estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Jubilee Volume (1946-2001): p. 65 - 110, December, 2001.

BLOOM, A. L. **Superfície da terra**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1972.

BOLÓS i CAPDEVILA, M. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografia**, Barcelona, v. 15, 1-2, p. 45-68, 1981. Disponível em:<<http://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/viewFile/45940/56766>>. Acesso em 17 jun. 2010.

_____. Antecedentes. In: BOLÓS i CAPDEVILA, M. (Org.) **Manual de ciência del paisaje: teoria, métodos y aplicaciones**. Masson: Barcelona, 1992a, p. 3-11.

_____. Escuelas y tendencias actuales em La Ciencia Del Paisaje. In: BOLÓS i CAPDEVILA, M. (Org.) **Manual de ciência del paisaje: teoria, métodos y aplicaciones**. Masson: Barcelona, 1992b, p. 13-30.

_____. El paisaje y su concepto. In: BOLÓS i CAPDEVILA, M. (Org.) **Manual de ciência del paisaje: teoria, métodos y aplicaciones**. Masson: Barcelona, 1992c, p. 47-59.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. **Folha SA.23 São Luís e parte da folha SA.24 Fortaleza:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra (Levantamento de Recursos Naturais, 3). Rio de Janeiro, 1973.

_____. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. **Legislação:** Leis Ordinárias. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/programas-urbanos/legislacao/regularizacao-fundiaria/legislacao-federal/leis-federais/6766.pdf/view>. Acesso em: 22 mar. 2011.

_____. Lei nº 7661, de 16 de maio de 1988. Instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. **Legislação:** Leis Ordinárias. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm. Acesso em: 22 mar. 2011.

_____. Resolução nº 005, de 03 de dezembro de 1997. Aprovou o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II dá outras providências. **Legislação:** Resoluções. Disponível em: <http://www.institutopharos.org/legislacao/legislacao2.html>. Acesso em: 22 mar. 2011.

_____. Ministério do Exército. **Carta Planialtimétrica da DSG Folha Alcântara SA.23-Z-A-II.** Brasília: Diretoria do Serviço Geográfico. Mapa colorido digital. Escala 1:100.000. 1980a.

_____. Ministério do Exército. **Carta Planialtimétrica da DSG Folha São Luís SA.23-Z-A-V.** Brasília: Diretoria do Serviço Geográfico. Mapa colorido digital. Escala 1:100.000. 1980b.

BURNET, F. L.; FERREIRA, E. A. **Relatório municipal n. 20** – Município de São Luís - MA, Avaliação Lei n. 4669/2006. Rede de Avaliação e Capacitação para Implementação dos Planos Diretores Participativos. São Luís: Prefeitura Municipal, 2009.

CALLIARI, L. J. et al. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 51: (único), 2003, p. 63-78.

CAMARA, G. et al. Spring: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, 20: (3), May-Jun 1996, p. 395-403.

CARVALHO, I. S. A bacia de São Luís. In: BRITO, I. M. **Geologia histórica**. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia. 2000. Disponível em: http://www.igeo.ufrj.br/ismar/1/1_13.pdf. Acesso em 21 ago. 2010.

CARVALHO, T. M.; BAYER, M. Utilização dos produtos da “SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION” (SRTM) no mapeamento geomorfológico do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 9 (1), 2008, p. 35-41.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.I.] 2005. Disponível em:<
www.funape.org.br/geomorfologia> Acesso em 13 maio 2010.

_____. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 2001.

_____. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1995.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Hucitec., 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas dinâmicos: as abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 89-110.

COELHO, M. T. **Avaliação da eficácia da lei de uso e ocupação do solo em São Luís: o caso da Lagoa da Jansen**. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2002.

COSTA, N. N. S.; CASTRO, A. C. L.; COSTA, N. F. A. Análise de uma unidade de conservação de proteção integral: o caso do Parque Ecológico da Lagoa da Jansen, São Luís, MA. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, 21 (1), 2008, p. 01-08. Disponível em:<
www.labohidro.ufma.br> Acesso em 10 maio 2010.

CUNHA, J. M. C. **Mapeamento e análise geomorfológica: um estudo de caso da sub-bacia hidrográfica do rio Santa Bárbara, São Luís – MA**. Monografia de graduação. São Luís: Uema, 2008.

CURSO DE ARQUITETURA. **Foto aérea de São Luís**. Curso de Arquitetura: UEMA, 2009.

DEFFONTAINES, J.-P. Analyse du paysage et étude régionale des systèmes de production agricole. **Économie rurale**, 98, 1973, p. 3-13. Disponível em:<
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/ecoru_0013-0559_1973_num_98_1_2232>. Acesso em 12 maio 2010.

DEMEK, J. Generalization of geomorphological maps. In: DEMK, J (Ed.) **Progress mad in geomorphology mapping**. Brno, IGU Commission on Applied Geomorphology, 1967, p. 36-72.

DIAS, J.; SANTOS, L. A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural. **Confins** [Online], n. 1, 2007. Disponível em: <<http://confins.revues.org/index10.html>>. Acesso em 20 jun. 2010.

DIAS, T. S.; FUJIMOTO, N. S. V. M.; SOARES, A. Q. Compartimentos de relevo do município de Porto Alegre – RS. ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12, 2009, Montevideu. **Anais** Montevideu: Associação de Geógrafos da América Latina. Disponível em:<http://egal2009.easyplanners.info/area07/7306_Fujimoto_Nina_Simone_Vilaverde_Moura.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2010.

DIAS, T. S.; FUJIMOTO, N. S. V. M. Mapeamento geomorfológico do município de porto alegre. ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA, 28, 2008, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: AGB. Disponível em:< <http://www.agbpa.com.br/CD/artigos/>>. Acesso em 14 jul 2010.

DIAS, L. J. B. S.; NOGUEIRA JÚNIOR, J. D. M. Contribuição às análises ambientais da ilha do Maranhão. **Ciências Humanas em Revista**. São Luís:UFMA, v. 3, n.2, dez. 2005, p. 127-144.

DINIZ, J. S. As condições e contradições no espaço urbano de São Luís (MA): traços periféricos. **Ciências Humanas em Revista**. São Luís, v. 5, n.1, julho 2007, p. 3-18.

DUARTE, A. A. S.; VIEIRA, J. M. P.; SANTOS, F. J. S.; PARDAL, M. A. C. Balanço de nutrientes no braço sul do estuário do rio Mondego. SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (SILUBESA), 8, 1998, João Pessoa, Brasil. **Anais...** João Pessoa: ABES. Disponível em:<<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7869>>. Acesso em 03 out 2011.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

EL-ROBRINI, M. et al. Maranhão. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**: Maranhão. Brasília: MMA. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao.publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=78>> Acesso em 13 jun. 2010.

FEITOSA, A. C. **Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão.** Dissertação de Mestrado. Rio Claro: IGCE-UNESP, 1989.

_____. **Dinâmica dos processos geomorfológicos da área costeira a nordeste da Ilha do Maranhão.** Tese de Doutorado. Rio Claro, IGCE-UNESP, 1996.

FEITOSA, A. C.; CHRISTOFOLETTI, A. C. F. E. A. Caracterização geomorfológica das praias do litoral norte do município de São Luís - MA. SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, 1993, São Paulo, Brasil. **Anais...** São Paulo: USP, 1993. V. 1: 231-236.

FEMAR, Catálogo das estações maregráficas do Brasil, 1997.

FERREIRA, A. J. A. Uma interpretação geográfica para São Luís. **GEOUSP Espaço e Tempo.** Revista de Pós-Graduação em Geografia. FFLCH/USP, jun. 2000.

_____.; TROVÃO, J. R. **Diagnóstico ambiental da microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís:** estudo de ocupação espacial/uso e cobertura da terra. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008a, p. 105-128.

_____. Sensoriamento remoto para geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008b, p. 31-71.

_____. Introdução à geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008c, p. 11-30.

FONSECA NETO, H. **Potencial de integração de uma área periférica ao centro histórico:** o caso do Aterro do Bacanga em São Luís - MA. Dissertação de Mestrado. Recife, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano – UFPE, 2 – 2002.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions.** Cambridge: Cambridge University Press, 1995. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books>>. Acesso em 22 jun. 2010.

FOTOS AÉREAS DE SÃO LUÍS. Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread>>. Acesso em 11 ago., 2011.

FRANÇA, C. F.; PIMENTEL, M. A. S.; PROST, M. T. R. C. Geomorfologia e paisagem: contribuições à classificação de unidades de paisagem da região oriental da ilha de Marajó, norte do Brasil. . VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, 6, 2010, Coimbra, Portugal. **Actas...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/>. Acesso em 03 nov 2011.

FREITAS NETO, O et al. Estudo da dinâmica das falésias do município de Tibau do Sul – RN. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 11, 2005, Florianópolis, Brasil. **Anais...** Florianópolis: ABGE, 2005, p. 2067-2077. Disponível em: <http://www.skynet.eng.br/projetos/dec/artigos/1303614978743.pdf>. Acesso em 03 nov 2011.

FROLOVA, M. Los orígenes de la ciencia del paisaje em la geografía rusa. **Scripta Nova**. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. v. 5, n. 102, dez 2001. Disponível em:<<http://www.ub.es/geocrit/sn-102.htm>>. Acesso em 29 out 2008.

_____. A paisagem dos geógrafos russos: a evolução do olhar geográfico entre o século XIX e XX. **R. RA'EGA**, Curitiba, n. 13, p. 159-170. Editora UFPR, 2007.

FURRIER, M. **Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa – 1:100.000**. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. USP, 2007.

GERASIMOV, I.P.; MESCHERIKOV, J.A. Morphostructure. **The Encyclopedia of Geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences**, v. III, Fairbridge, R.W. ed., Dowden, Hulchinson & Koss Inc., Pennsylvania, 1968. p. 731-732.

GIANNINI, P. C. F. et al Dunas e paleodunas eólicas costeiras e interiores. In: SOUZA, C. R. G. et al. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005, p. 235-257.

GLOBAL MAPPER. **Programa**. Versão 11.02. Disponível em:<<http://www.globalmapper.com>. Acesso em: 23 jun. 2010.

GOOGLE EARTH. Imagem de São Luís. Disponível em: <http://google.com.br>. Acesso em 27 nov. 2010.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, A. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUSTAVSSON, M. **Development of a detailed geomorphological mapping system and GIS geodatabase in Sweden**. Dissertation: Uppsala Universitet, Sweden, 2006. Disponível em: <<http://publications.uu.se/theses/abstract.xsql?dbid=7222>>. Acesso em: 14 mai. 2009.

HADLICH, G. M.; UCHA, J. M. Apicuns: aspectos gerais, evolução recente e mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 10: (2), 2009, p. 13-20.

HAYDEN, R. S. Geomorphological mapping. In: SHORT, N. M.; BLAIR JÚNIOR, R. W. (Ed.) **Geomorphology from space: a global overview of regional landforms**. Washington, DC: Nasa, 1986, p. 637-656. Disponível em: <http://geoinfo.amu.edu.pl/wpk/geos/GEO_11/GEO_CHAPTER_11.HTML> Acesso 27.03.2005. Tradução para o português: TOMMASELLI, J. T. G., 2009.

IBGE. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1960.

_____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1970.

_____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

_____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

_____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

_____. **Cidades**. Disponível em< <http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 20 out. 2008.

_____. **Cidades**. Disponível em< <http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 05 jan. 2012.

_____. **Manual técnico de geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009a. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Manual%20Tecnico%20de%20Geomorfologia.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2010.

_____. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009b. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/>>. Acesso em 13 jun. 2010.

IMESC. **Perfil da Região da Ilha do Maranhão 2008**. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. v. 1. São Luís: IMESC, 2009.

_____. **Situação Ambiental da Ilha do Maranhão**. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. São Luís: IMESC, 2011.

JACOMINE, P.K et. al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: Embrapa. SNCLS, 1996.

JARDÍ, M. Paisaje: ¿una síntesis geográfica? "**Revista de Geografia**", v. XXIV. Barcelona, 1990, p. 43-60. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/viewFile/46049/56854>>. Acesso em 20 jun. 2010.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**. 2 ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KLIMASZEWSKI, M. Detailed geomorphological maps. **ITC Journal**, n. 3, 1982, p. 265-272.

LA BLACHE, P. V. **Principes de géographie humaine**. Ce document est extrait de la base de données textuelles Frantext réalisée par l'Institut National de La Langue Française (InaLF). 1954. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em 9 jun. 2010.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. Tradução de Sandra Valenzuela. São Paulo, Cortez Editor, 2001.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LOPES, E. S. S. **Spring**: tutorial 10 aulas. São José dos Campos: INPE, 2006.

LUZ, D. S. A contribuição do conhecimento geológico para o desenvolvimento sustentável da ilha de São Luís-MA. Ano 3, v. 3. **Ceuma Perspectiva: desenvolvimento sustentável**. São Luís: Ediceuma. Ago. 1999, p. 75-81.

MARANHÃO. **Estudo de geologia.** Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998a.

_____. **Estudo de geomorfologia litorânea.** Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998b.

_____. **Estudo de hidrologia.** Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998c.

_____. **Estudo de hidrogeologia.** Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998d.

_____. **Estudo de ocupação espacial/uso e cobertura da terra.** Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998e.

_____. **Estudo de pedologia/cobertura vegetal.** Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998f.

_____. **Carta-imagem do estado do Maranhão.** GEPLAN, 2000. Disponível em: <www.ma.gov.br>. Acesso em 14 mai. 2010.

MARQUES, G. M. **Uma estratégia de desenvolvimento para São Luís – MA/ Brasil.** Dissertação de Mestrado. Master Science in Planning Studies / School of Planning / Oxford Brookes University, 1996. Disponível em: <<http://www.gmarques.com.br/pdf/Dissertacao>>. Acesso em 06 jan. 2012.

MARQUES NETO, R. Considerações sobre a paisagem enquanto recurso metodológico para a geografia física. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 26, p. 243-255, jun. 2008. Disponível em: <www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em 14 mai. 2009.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **R. RA'E GA**, Curitiba: Editora UFPR, n. 8, 2004, p. 83-91.

MEIRELES, A. J. A. Falésias do litoral leste do estado do Ceará: análise dos processos morfogenéticos e impactos ambientais. **Revista GeoNotas**. Maringá: Departamento de Geografia, n. 2, v. 3, abri/mai/jun 1999. Disponível em: <http://www.geonotas.uem.br/geonotas/>. Acesso em 03 nov. 2011.

MESCERJAKOV, J. P. Les concepts de mophostructure et de morphosculpture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, n. 423, v. 77, set./out. 1968, p. 539-552.

MEZZOMO, M. M.; NÓBREGA, M. T. Paisagem na perspectiva integrada: alguns apontamentos. **Perspectiva Geográfica**, n 4. Paraná: Unioeste. 2008, p. 153-168. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica>>. Acesso em: 22 jun. 2010.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social**: teoria método e criatividade. 16^a ed. Petrópolis: Vozes, 2000.

MIRANDA, E. E.; COUTINHO, A. C. (Coord.). **Brasil Visto do Espaço**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 1 dez. 2010.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2002.

MORAIS, J. O. Evolução sedimentar da área adjacente ao Porto de Itaqui, Estado do Maranhão, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, 17 (2): 143-151. Fortaleza. Dez. 1977a.

_____. Processos de sedimentação na baía de São Marcos, Estado do Maranhão, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, 17 (2): 153-164. Fortaleza. Dez. 1977b.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MUNSELL. **Soil color charts**. Ed. Revisada. Baltimore, Munsell Color Company, 2000.

NASA. **Shuttle Radar Topography Mission**. 2006. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm>>. Acesso: 12 fev. 2010.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOGUEIRA, T. C.; PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. Compartimentação morfológica com base em dados SRTM: estudo de caso bacia do rio Uberabinha, Uberlândia-MG. **Revista Geografia Acadêmica**. v. 2, n. 2, 2008, p. 154-169. Disponível em:< <http://geograficaacademica.webng.com>>. Acesso em 4 jul. 2010.

NOVAES, R. C. et al. Análise da sensibilidade ambiental da parte ocidental da Ilha do Maranhão. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 4089-4096.

NUNES, J. O. R. et al. O. Mapeamento geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, III ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, I ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA I ENCONTRO IBERO-AMERICANO DO QUATERNÁRIO, 8, 2010, Recife. **Anais...** Recife: UGB.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.

OLIVEIRA, L. Percepção da paisagem geográfica: Piaget, Gibson e Tuan. **Geografia**, Rio Claro, v. 25 (2): 5-22, ago., 2000.

OLIVEIRA, J. H. M.; CHAVES, J. M. Fragilidade ambiental de um setor do Raso da Catarina-BA e entorno utilizando geoprocessamento (álgebra simples de mapas-sobreposição ponderada). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Disponível em:< <http://www.geo.ufv.br/simposio/>>. Acesso em 29 jun. 2010.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, S. C. Cartografia do relevo: um estudo aplicado na região oeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 8, n. 2, 2007, p. 37-44.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

PEREIRA, R. C. C.; SILVA, Q. D. Paisagem: uma releitura do GTP e da percepção. COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO LOCAL E SUSTENTABILIDADE, 1, 2009, São Luís. **Anais...** São Luís: Universidade Estadual do Maranhão.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do aquífero do reservatório Batatã – São Luís (MA)**. Tese (Doutorado) Rio Claro: UNESP. 2006.

_____ ; TAVARES JÚNIOR, J. R. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Bacanga – São Luís/MA. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 12. 2007, Natal. **Anais...** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

_____ ; ZAINE, J. E. Mapa geológico-geotécnico da bacia do rio Bacanga – São Luís (MA). **Geociências**. v. 26, n. 1, São Paulo: Unesp, 2007, p. 45-54.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: USP, 1983.

POLETTE, M. Paisagem: uma reflexão sobre um amplo conceito. **Revista Visão e Ação**. Itajaí, Universidade do Vale do Itajaí, ano 2 - n.3 - p.83-94 abr/set -1999. Disponível em: < <https://www6.univali.br/seer/index.php/rtva/article/>>. Acesso em: 20 jun. 2010.

PRESS, F. et al. **Para entender a Terra**. 4 ed. Tradução de Rualdo Menegat et al. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. (Org.) **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009.

RANGEL, J. R. **Contribuição dos dados integrados dos sistemas sensores TM/Landsat-5 e ERS-1/SAR para o estudo de uso e cobertura da terra no nordeste da ilha do Maranhão**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2003.

_____ ; ROSS, J. L. S.; A fragilidade ambiental da bacia do córrego do Cabuçu – Mairiporã/SP. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: < <http://www.geo.ufv.br/simposio/>>. Acesso em 29 jun. 2010.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**. USP. 14, 2001, p. 69-77.

RODRIGUES, S. C.; BRITO, J. L. S. Mapeamento geomorfológico de detalhe: uma proposta de associação entre o mapeamento tradicional e as novas técnicas em geoprocessamento. **Caminhos de Geografia**, 1 (1), p. 1-6, Uberlândia: UFU, set. 2000. Disponível em: < <http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/>>. Acesso em 14 jun. 2010.

RODRIGUES, T. L. N. et al. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís. Folha SA.23-Z-A, Cururupu. Folha SA.23-X-C, Estado do Maranhão. Brasília, CPRM, 1994.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**. Fortaleza: UFC, ano 01, número 01, 2002. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator>>. Acesso em 14 maio 2009.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 2 ed. Fortaleza: UFC, 2007.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6. FFLCH-USP, 1992, p. 17-29.

_____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH/USP, n. 8, p. 63-74, 1994.

_____. Geomorfologia aplicada aos EIA-Rimas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 291-336.

_____. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 4 ed. São Paulo: Contexto, 1997.

_____. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

_____; FIERZ, M. S. M. Algumas técnicas de pesquisa em geomorfologia. In: VENTURI, I. A. B. **Praticando geografia**: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 69-84.

_____; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP, 1997.

ROSSETTI, D. F. **Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <sid.inpe.br/ePrint@80/2006/07.31.20.55 v1 2006-08-01>. Acesso em: 2 ago. 2010.

_____. Ambientes costeiros. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 248-285.

ROUGERIE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. **Géosystèmes et paysages**: bilan et methods. Paris: Armand Colin, 1991.

SALOMÉ, A. I.; VAN DORSSER, H. J. Examples of 1:50.000 scale geomorphological maps of part of the Ardennes. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 26, n. 4. Berlin: Stuttgart, 1982, p. 481-489.

SANTOS, J. H. **Análise por geoprocessamento da ocupação da franja costeira ao norte da cidade de São Luís-MA**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

_____. **Lençóis maranhenses atuais e pretéritos: um tratamento espacial**. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

_____ et al. Características geológicas e geomorfológicas da baía de São Marcos, Golfão Maranhense-MA. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4, 2004, São Luís. **Anais...** São Luís: UGB.

SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SANTOS, L. S. **Morfometria de bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso da sub-bacia do rio das Bicas no município de São Luís - MA**. Monografia de Graduação. São Luís: UEMA, 2007.

_____. Morphostructural mapping of Paraná State, Brazil. **Journal of Maps**, Jan. 2009, p. 170-178. Disponível em: <http://ftp.uk.i-scream.org/sites/www.journalofmaps.com/article_depository/samerica/Santos_morphostructure_1233073718.pdf> Acesso em 19 jul. 2010.

SANTOS, M. E. C. M.; CARVALHO, M. S. S. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2004.

SATHLER, R. et al. Erosive processes in urban areas in the island of Maranhão – Brazil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, Special Issue, , May, 2005, p. 161-173.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Org.). **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

SCHIER, Raul Alfred. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **Revista RA'EGA**, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br>>. Acesso em: 12 mai. 2010.

SCHMIEGELOW, J. M. M. **O planeta azul**: uma introdução às ciências marinhas. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.

SCHOBENHAUS, C. et al. **Geologia do Brasil**. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984.

SILVA, Q. D.; PEREIRA, K. D. Matriz de dissecação do relevo: um estudo de caso da sub-bacia hidrográfica do rio Santa Bárbara. **Relatório Final de Projeto de Pesquisa**. São Luís: Uema, 2008.

SILVA JÚNIOR, O. G.; EL-ROBRINI, M. Morfoestratigrafia do noroeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). **Revista Brasileira de Oceanografia**, 49: (1/2), 2001, p. 99-114.

SILVA, S. C. O.; SALES, V. C. C. Processos morfodinâmicos na praia da Ponta d'Areia: uso de espaços litorâneos e impactos ambientais. 2009. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos_expandidos/eixo12/029.pdf> Acesso em 15 jul. 2010.

SOARES, A. Q.; FUJIMOTO, N. S. V. M. Caracterização e compartimentação do relevo da bacia hidrográfica do rio do Silveira – São José dos Ausentes – RS. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Disponível em:< <http://www.geo.ufv.br/simposio/>>. Acesso em 29 jun. 2010.

SOBRINHO, J. F. **O relevo, elemento e âncora, na dinâmica da paisagem do vale, verde e cinza, do Acaraú, no Estado do Ceará**. Tese (Doutorado) São Paulo: USP. 2006.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**. USP. 16, 1977.

_____ Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia**. USP. 14, 1978, p. 1-15.

SOUSA, C. J. S.; SILVA, M. M.; COSTA, K. S. P. Análise do modelo numérico de terreno do radar SRTM na área da Folha SA.23-Z-D-I, Urbano Santos-MA. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2005, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixos1/020.pdf>. Acesso em 31 mar. 2011.

SOUZA, C. R. G. et al. Praias arenosas e erosão costeira. In: SOUZA, C. R. G. et al. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005, p. 130-152.

SOUZA, U. D. V. et al. Caracterização geomorfológica e paisagística da área costeira de Panaquatira, município de São José de Ribamar-MA. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA/ CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, 6, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UGB. Disponível em:
<http://www.nepa.ufma.br/Producao/sinageo%202006/CARACTERIZACAO%20GEOMORFOLOGICA%20E%20PA%20COSTEIRA%20DE.pdf> Acesso em 20 fev. 2010.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha**: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. São Paulo: Queiroz, 1992.

_____. **Geologia do Quaternário e mudanças Ambientais**. Passado + Presente = Futuro? São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 2001.

_____. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

_____. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

TEIXEIRA, S. G.; SOUZA FILHO, P. W. M. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**. Suplemento 1, n. 27, 2009, p. 69-82. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rbg/v27s1/a06v27s1.pdf>>. Acesso em 14 jul. 2010.

TESH, M. A. **Uso do solo e ocupação territorial no município de São Luís, Maranhão**. Relatório Final de Bolsa de Iniciação Científica/Universidade Estadual do Maranhão. São Luís: UEMA, 2011.

TRICART, J. **Principes et méthodes de La géomorphologie**. Paris: Masson e Cie, 1965.

_____. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIEGE, 1977.

_____; CAILLEUX, A. Le problème de La classification des faits géomorphologiques. **Annales de Géographie**, v. 65, n. 349, 1956, p. 162-186. Disponível em:<
<http://www.persee.fr>>. Acesso em 13 maio 2010.

TROLL, C. El Paisaje geográfico y su investigación. In.: MENDOZA, J. G.; JIMÉNEZ, J. M.; CANTERO, N. O. **El pensamiento geográfico**. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 323-329.

TROPPEMAIR, H.; M. H. GALINA. Geossistemas. **Revista Mercator**, ano 05, número 10. Fortaleza: UFC, 2006, p. 79-89. Disponível em:< <http://www.mercator.ufc.br>>. Acesso em 22 jun. 2010.

UCHA, J. M.; SANTANA, P. S.; GOMES, A. S. R.; BARRETO, E. N.; VILAS-BOAS, G. S.; RIBEIRO, L. P. Apicum: gênese nos campos arenosos e degradação dos manguezais em dois municípios baianos. **Revista ETC – Educação, Tecnologia e Cultura**. V. 3, n. 2, p. 26-27, 2004. Disponível em:<<http://www.cefetba.br/comunicacao/etc2a5.htm>>. Acesso em 10 out. 2011.

UFMA. **Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental da Refinaria Premium I**. V. 2. São Luís: UFMA, 2009.

UNIVERSIDADE DE COIMBRA. **Tabela estratigráfica internacional**. Universidade de Coimbra. Departamento de Ciências da Terra. Disponível em:< <https://woc.uc.pt/dct/class/getmaterial.do?idclass=331&idyear=6>>. Acesso em 22 mar. 2011.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008, p. 72-104.

VEIGA JÚNIOR, J. P. Carta geológica. Recife: CPRM, 2000a./Folha SA.23-X/Z SÃO LUÍS NE/SE, color – colorido), Escala 1:500.000.

_____. (Org.) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís NE/SE, Folhas SA.23-X e SA.23-Z. Estados do Maranhão e Piauí. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000b.

VERSTAPPEN, H. T.; VAN ZUIDAM, R. A. **ITC system of geomorphological survey**. 3 ed. Amsterdam: ITC, 1975.

VIANA, J. R. Estudo da morfodinâmica da praia de São Marcos, São Luís – MARANHÃO. Monografia de graduação. Curso de Geografia. São Luís: UFMA, 2000.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VILLWOCK, J. A. et al. Geologia e Geomorfologia de regiões costeiras. SOUZA, C. R. G. et al. **Quaternário no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005, p. 94-113.

VITTE, A. C. Da metafísica da natureza à gênese da geografia física moderna. **GEOgrafia**. v. 8, n 15, 2006. Disponível em:
<http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/viewArticle/187>. Acesso em 18 ago. 2010.

ZUIDAM, R. A. Van. Consideration on systematic medium-scale geomorphological mapping. **Zeitschrift fur Geomorpholoie**, v. 26, n. 4, dec., 1982, p. 473-480.

APÊNDICES

APÊNDICE A

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO/FCT/UNESP - PRESIDENTE PRUDENTE/UEMA – SÃO LUÍS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
 ALUNA QUÉSIA DUARTE DA SILVA
 FICHA DE TRABALHO DE CAMPO

Projeto: MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ILHA DO MARANHÃO		
Data:	N° do ponto:	
Localidade:		
Toponímia/ Acesso:		
Latitude:	Longitude:	Altitude:
Geomorfologia – Análise taxonômica – Tipologia do entorno do ponto observado		
1° táxon: Unidade Morfoestrutural:		
2° táxon: Unidade Morfoescultural:		
3° táxon: Unidade Morfológica/ Padrão de formas semelhantes		
A – Agradacionais		D – Denudacionais
() Apf – planície fluvial	() Dc – Topos convexos	
() Apc – Planície costeira	() Da – Topos aguçados	
() Apl – Planície lacustre	() Dt – Topos tabulares	
() Apl – Planície lagunar	() Dp – Superfícies planas	
() Atf – Terraço fluvial	() De – Formas de escarpas	
() Atm – Terraço marinho	() Dv – Formas de vertentes	
() Ad – Campos de dunas	() Outros: _____	
() Ac – Colúvio	_____	
() La – Leque aluvial	_____	
() Outros: _____	_____	
4° táxon: Unidade morfológica/Padrão de formas semelhantes		
Dimensão interfluvial: _____ Entalhamento do vale: _____		
5° táxon: Tipo predominante das vertentes		
() Vcc - cônica	() Vc - convexa	() Vr – retilínea
() Vp – patamares	() Tc – topos convexos	() Tp – topos planos
() Ve – escarpada	() Outra: _____	
6° táxon: Processos erosivos e acumulativos atuais		
() Ravinas	() Voçorocas	() Laminar
() Deslizamentos	() Bancos de assoreamento	() Depósitos tecnogênicos
() Cortes	() Terracetes de pisoteio de gado	
() Sulcos	() Aterros	() Depósitos aluvionares de indução antrópica
() Depósitos arenosos da Fm Barreiras ou Açuí	() Outros: _____	
Formas em detalhe		
Forma de detalhe:		
() Cone aluvial	() Vertente	() Banco arenoso
() Praia	() Dunas	() Dique ou cordão arenoso
() Paleodunas	() Falésias	() Meandro abandonado
() Depósitos tecnogênicos	() Outros: _____	
Terraços		
Tipo de terraço:		
() Fluvial	() Lacustre	() Marinho
() Fluviomarinho	() Fluviolacustre	
Largura:		
() Muito estreito: até 10 m	() Estreito: de 10 a 25m	() Médio: 25 a 50m
() Largo: de 50 a 100m	() Muito largo: > 100m	
Altura:		
() Baixo: até 2m	() Médio de 2 a 5m	() Alto: de 5 a 15m
() Muito alto: > 15m		
Níveis de terraceamento: () 1 () 2 () 3		

Continua

Continuação

Forma marinha e fluviomarinha de detalhe:			
<input type="checkbox"/> Recife	<input type="checkbox"/> Tômbolo	<input type="checkbox"/> Inlet	<input type="checkbox"/> Banco arenoso
<input type="checkbox"/> Praia	<input type="checkbox"/> Restinga	<input type="checkbox"/> Spit	<input type="checkbox"/> Plataforma de abrasão
<input type="checkbox"/> Esporão	<input type="checkbox"/> Planície de areia	<input type="checkbox"/> Chenier	<input type="checkbox"/> Falésia
<input type="checkbox"/> Barra de canal	<input type="checkbox"/> Barra em pontal	<input type="checkbox"/> Crista de praia	<input type="checkbox"/> Linhas de acreção
<input type="checkbox"/> Ilha-barreira	<input type="checkbox"/> Barras de maré	<input type="checkbox"/> Canal de maré	<input type="checkbox"/> Planície de maré
<input type="checkbox"/> Paleodunas	<input type="checkbox"/> Dunas	<input type="checkbox"/> Bermas	<input type="checkbox"/> Terraços marinhos
<input type="checkbox"/> Bancada, laje ou placa de arenito de praia ou beachrocks		<input type="checkbox"/> Estuário dominado por maré	
<input type="checkbox"/> Dique ou cordão arenoso (slikke e schorre)		<input type="checkbox"/> Estuário dominado por onda	
Dunas			
Forma da duna:			
<input type="checkbox"/> Barcana	<input type="checkbox"/> Longitudinal	<input type="checkbox"/> Transversal	<input type="checkbox"/> Parabólica
<input type="checkbox"/> Reticulada			
Atividade dunar ocorrente:			
<input type="checkbox"/> Ativa		<input type="checkbox"/> Semifixa	
<input type="checkbox"/> Fixa			
Estado da duna:			
<input type="checkbox"/> Dissipada		<input type="checkbox"/> Fitoestabilizada	
<input type="checkbox"/> Pedogeneizada			
Modelado de Dissecação			
Tipo de modelado:			
<input type="checkbox"/> Homogêneo		<input type="checkbox"/> Estrutural	
<input type="checkbox"/> Em ravinas			
Forma considerando o topo*:			
<input type="checkbox"/> Aguçada		<input type="checkbox"/> Convexa	
<input type="checkbox"/> Tabular			
Forma de detalhe:			
<input type="checkbox"/> Chapada	<input type="checkbox"/> Tabuleiro	<input type="checkbox"/> Escarpa	<input type="checkbox"/> Serra
<input type="checkbox"/> Bloco rochoso ou <i>boulder</i>		<input type="checkbox"/> Morro	
<input type="checkbox"/> Morrote	<input type="checkbox"/> Colina	<input type="checkbox"/> Terraço	<input type="checkbox"/> Lombada ou lomba
<input type="checkbox"/> Esporão	<input type="checkbox"/> Outeiro	<input type="checkbox"/> Garganta	<input type="checkbox"/> Caos de blocos
<input type="checkbox"/> Cúpula rochosa			
Vertentes			
Desnível médio*:			
<input type="checkbox"/> Pequeno: até 10m		<input type="checkbox"/> Médio: de 10 a 25m	
<input type="checkbox"/> Grande: 25 a 100m		<input type="checkbox"/> Muito grande: > 100m	
Característica:			
<input type="checkbox"/> Com patamar		<input type="checkbox"/> Com rampa ou plano inclinado	
<input type="checkbox"/> Ocorrência de afloramento rochoso		<input type="checkbox"/> Ocorrência de talus	
<input type="checkbox"/> Ocorrência de escarpa		<input type="checkbox"/> Ocorrência de ressalto	
Escarpa			
Tipo:			
<input type="checkbox"/> Erosiva		<input type="checkbox"/> Adaptada à falha	
<input type="checkbox"/> De falha ou de linha de falha		<input type="checkbox"/> Monoclinal	
Característica:			
<input type="checkbox"/> Com cornija		<input type="checkbox"/> Sem cornija	
Forma:			
<input type="checkbox"/> Desdobrada		<input type="checkbox"/> Desdobrada, ou em degrau ou patamar	
<input type="checkbox"/> Festonada		<input type="checkbox"/> Retilínea	

Continua

Continuação

Vales			
Tipo predominante dos vales	<input type="checkbox"/> Assimétrico	<input type="checkbox"/> Simétrico	
Qualificação da forma*:	<input type="checkbox"/> Aberto	<input type="checkbox"/> Fechado	
Perfil transversal/ encaixamento*:	<input type="checkbox"/> Encaixado	<input type="checkbox"/> Não encaixado	
Perfil transversal/ forma*:	<input type="checkbox"/> Em “V”	<input type="checkbox"/> Fundo chato	
Largura do vale:	<input type="checkbox"/> Muito estreita – até 10 m <input type="checkbox"/> Estreita – de 10 a 50 m <input type="checkbox"/> Média – 50 até 150 m <input type="checkbox"/> Larga – 150 a 450 m <input type="checkbox"/> Muito larga – < 450 m		
Largura da planície:	<input type="checkbox"/> Muito estreita – até 10m <input type="checkbox"/> Estreita – de 10 a 50m <input type="checkbox"/> Média – de 50 a 150m <input type="checkbox"/> Larga – de 150 a 450m <input type="checkbox"/> Muito larga – > 450m		
Canais			
Padrão de canais:	<input type="checkbox"/> Dendrítico	<input type="checkbox"/> Paralelo	<input type="checkbox"/> Retangular
			<input type="checkbox"/> Pinulado
			<input type="checkbox"/> Em treliça
Tipos de canais:	<input type="checkbox"/> Meandrante	<input type="checkbox"/> Anastomosado	<input type="checkbox"/> Reto
			<input type="checkbox"/> Ramificado
			<input type="checkbox"/> Irregular
Existência de drenagem fechada:	<input type="checkbox"/> Presente <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/> Ocorrência de lagoas perenes ou intermitentes		
Processo			
Tipo de processo morfodinâmico:	<input type="checkbox"/> Corrosão	<input type="checkbox"/> Deflação eólica	<input type="checkbox"/> Deposição
			<input type="checkbox"/> Erosão e/ou abrasão
Tipo de ação morfogenética:	<input type="checkbox"/> Transporte relacionado à gravidade <input type="checkbox"/> Transporte com a participação da água <input type="checkbox"/> Transporte relacionado ao vento <input type="checkbox"/> Transporte relacionado à ação oceanográfica		
Forma resultante das ações morfogenéticas:	<input type="checkbox"/> Tabuleiros	<input type="checkbox"/> Praia	<input type="checkbox"/> Dunas
			<input type="checkbox"/> Paleodunas
			<input type="checkbox"/> Planície de maré
	<input type="checkbox"/> Apicum	<input type="checkbox"/> Terraço	<input type="checkbox"/> Planície fluvial
			<input type="checkbox"/> Vertente
			<input type="checkbox"/> Vertente alterada
Efeitos das ações morfodinâmicas:	<input type="checkbox"/> Acumulação de areia <input type="checkbox"/> Acumulação de argila <input type="checkbox"/> Acumulação de silte <input type="checkbox"/> Concentração de grânulos <input type="checkbox"/> Concentração de seixos <input type="checkbox"/> Pavimentação detrítica <input type="checkbox"/> Deslocamento de arbustos e árvores <input type="checkbox"/> Truncamento da parte superior do solo		
Extensão das acumulações:	<input type="checkbox"/> Generalizada <input type="checkbox"/> Localizada		
Morfodinâmica*:	<input type="checkbox"/> Mecânica	<input type="checkbox"/> Química	<input type="checkbox"/> Mecânica e química
Tipo de deposição:	<input type="checkbox"/> Eólica	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre
			<input type="checkbox"/> Marinha
			<input type="checkbox"/> Fluvio lacustre
	<input type="checkbox"/> Lagunar	<input type="checkbox"/> Fluvio marinha	<input type="checkbox"/> Inundação
			<input type="checkbox"/> Depósitos tecnogênicos

Continua

Continuação

Posicionamento do fenômeno:			
<input type="checkbox"/> Fundo do vale	<input type="checkbox"/> Parte frontal da escarpa ou cornija	<input type="checkbox"/> Costa	<input type="checkbox"/> Topo do tabuleiro
<input type="checkbox"/> Ao longo da encosta	<input type="checkbox"/> Ao longo da estrada	<input type="checkbox"/> Cabeceira de drenagem	
Estado da forma resultante das ações morfogênicas/morfodinâmicas:			
<input type="checkbox"/> Ativa	<input type="checkbox"/> Inativa	<input type="checkbox"/> Reativada	
Tipo de ação biológica inclusive antrópica:			
<input type="checkbox"/> Atividades de formigas e/ou de térmitas	<input type="checkbox"/> Raízes	<input type="checkbox"/> Marcas de pisoteio de animais	
<input type="checkbox"/> Revolvimento de terra por animais	<input type="checkbox"/> Urbanização	<input type="checkbox"/> Atividades de mineração	
<input type="checkbox"/> Retirada de material de empréstimo	<input type="checkbox"/> Terraplanagem	<input type="checkbox"/> Marcas de trilhas	
Forma resultante da ação biológica:			
<input type="checkbox"/> Rejeito ou acúmulo de detrito	<input type="checkbox"/> Aterro	<input type="checkbox"/> Buraco e cavidade	<input type="checkbox"/> Dique
<input type="checkbox"/> Montículo ou murundu	<input type="checkbox"/> Terracete		
Estado da forma resultada da ação biológica:			
<input type="checkbox"/> Ativa	<input type="checkbox"/> Inativa	<input type="checkbox"/> Reativada	

APÊNDICE B - Mapa Geomorfológico da Ilha do Maranhão

