



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**FORMAS DE RELEVO E DINÂMICA COSTEIRA EM SÃO CAETANO DE
ODIVELAS (PA)**

MARIA DO SOCORRO MONTEIRO PICAÑO



**BELÉM - PA
2013**

MARIA DO SOCORRO MONTEIRO PICAÑO

**FORMAS DE RELEVO E DINÂMICA COSTEIRA EM SÃO CAETANO DE
ODIVELAS (PA)**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de
mestre em Geografia pelo Instituto de Filosofia e
Ciências Humanas da Universidade Federal
do Pará (IFCH –UFPA).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carmena Ferreira de
França.

BELÉM

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFPA

Picanço, Maria do Socorro Monteiro, 1959 –

Formas de relevo e dinâmica costeira em São Caetano de Odivelas (PA) / Maria do Socorro Monteiro Picanço. - 2013-06-17

Orientadora: Carmena Ferreira de França

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2013.

1 . Zona Costeira São Caetano de Odivelas (PA) .2 . Relevo São Caetano de Odivelas (PA). 3 . Ecologia dos manguezais São Caetano de Odivelas (PA). 4 . Sensoriamento remoto São Caetano de Odivelas (PA). I. Título.

CDD 22. Ed. 551.457098115

TERMO DE APROVAÇÃO

MARIA DO SOCORRO MONTEIRO PICAÑO

FORMAS DE RELEVO E DINÂMICA COSTEIRA EM SÃO CAETANO DE ODIVELAS (PA)

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Geografia pelo Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal do Pará (IFCH – UFPA), pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carmena Ferreira de França.– PPGEU/UFPA

Prof.^a Dr.^a Gersa Maria Duarte – CFH/UFSC

Prof. Dr.^a Odete Fátima Machado da Silveira – PPGG/UFPA

Prof. Dr.^a Márcia Aparecida da Silva Pimentel – PPGEU/UFPA

BELÉM, 22 de maio de 2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, um ser supremo que me proporcionou a vida e que me dá força para continuar buscando meus ideais.

À minha família, em especial ao Geraldo, Felipe, Thiago, Renata, Ediane e Anna Letícia, que souberam contribuir, proporcionando apoio e compreensão sempre que necessário.

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Carmena Ferreira de França pela atenção e paciência.

Ao Estêvão José da Silva Barbosa, por sua boa vontade em tirar as dúvidas, emprestar e indicar textos.

Aos amigos Delmina Barradas e Leonardo Alves pela ajuda na elaboração dos mapas.

Às amigas Renata Cunha e Jucilene Belo pela correção do abstract.

Ao meu esposo Geraldo Picanço pelo financiamento da pesquisa.

À Prof^a Ana Aliane diretora da Escola Estadual Maria Pia dos Santos Amaral, por sua compreensão e paciência durante a elaboração desta pesquisa.

Aos amigos Danielle Lobato, Denise Marine, Márcia Carvalho, Luís Sadeck, Guilherme, Renato, Glacileia, Marlucy, Josane, Marina e Ildefonsa pela força.

RESUMO

A presente pesquisa foi realizada sobre a porção norte do Município de São Caetano de Odivelas (PA), a qual teve por objetivos identificar as unidades de relevo, analisar a distribuição dessas unidades a partir dos condicionantes fisiográficos, verificar a variação multitemporal da posição da linha de costa, identificar os geoindicadores e analisar as consequências para a vegetação e a morfologia nesta área de estudo. Os procedimentos metodológicos da pesquisa incluíram o levantamento bibliográfico e revisão de literatura; o levantamento de base cartográfica e de produtos de sensores remotos; tratamento e processamento digital das imagens orbitais; elaboração de mapas temáticos e trabalhos de campo. Dentre as unidades morfológicas nesta área de estudo estão os tabuleiros que perfazem um total de 52,7 km² e se situam no centro desta área de estudo, na forma de blocos isolados com um relevo suave ondulado, na qual a altimetria vai de 6 a 30 metros; as planícies lamosas de maré perfazem 95,9 km² e posicionam-se como sítios paralelos à linha de costa e ao longo do baixo curso dos rios, possuem uma topografia plana, na qual sua altimetria vai de 2 a 6 metros; os bancos lamosos de intermaré contam com 7,3 km², posicionam-se de forma planos paralelos à linha de costa, com relevo ligeiramente inclinado que vai de 0 a 2 metros; os cordões arenosos subatual somam 2,2 km² e se posicionam em formato de flechas dispostas no sentido da atual linha de costa, com topografia plana, com uma altimetria de 6 a 12 metros; as planícies aluviais contam com 10,7 km² e se situam em contato com as áreas de mangue e ao longo de alguns canais fluviais, com uma topografia plana, acima de 6 metros; as planícies aluviais com presença de espécies de *Avicennia sp.* contam com 1,1 km², apresentam uma topografia plana que vai de 2 a 6 metros, e encontram-se o interior das planícies lamosas de maré; as planícies aluviais com vegetação de campos perfazem 4,4 km², localizam-se em forma de sítios estreitos do fundo de vales com uma topografia plana que vai de 4 a 10 metros; as barras arenosas contam com 17,3 km², situam-se como depósitos alongados no sentido das desembocaduras dos estuários e apresentam uma topografia plana, que vai de 0 a 2 metros. Os indicadores geomorfológicos identificados são o avanço e o recuo da linha de costa; surgimento e crescimento de barras arenosas; aproximação e afastamento de barras arenosas em relação à linha de costa; os indicadores biológicos dizem respeito a formação de neossolos e a destruição do solo de mangue; o aumento da área de mangue e desenvolvimento do padrão “Escada”; redução de área de mangue e formação do padrão “Paliteiro”. As mudanças morfológicas podem ser classificadas em sua maioria como acrecionais, pois em 24 anos ocorreu um acréscimo nas áreas de mangue de 3,85 km², o que responde por 4,19% da área total acrescida além de ter ocorrido, neste período, a instalação de duas novas ilhas a Nova e a Peruru. A dinâmica que ocorre neste município causa modificações no solo e na morfologia devido a instalação de neossolos e da formação do ecossistema manguezal, além da ocorrência dos padrões “Escada” e “Paliteiro”.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; linha de costa; mangue; unidades de relevo; acreção.

ABSTRACT

The present research was conducted on the northern part of municipality of São Caetano de Odivelas (PA), which had as objectives identify the relief units, analyze the distribution of these units from the physiographic conditions, verify the variation of multitemporal position of the coastline, identify the geoindicators and analyze the consequences for the vegetation and the morphology that area of study. The methodological procedures of the research included the bibliographical survey and literature review, cartographic base survey and products from remote sensors; treatment and digital processing of orbital images, thematic mapping and field work. Among the morphological units, in this area of study, are the tabuleiros that totals of 52.7 km² and are located in the center of this area of study, in the shape of isolated blocks with a wavy soft relief, where the altimetry ranges from 6 to 30 meters; The plains of muddy tidal add up to 95.9 km² and will position themselves as sites parallel to the coastline and along the lower course of rivers, have a flat topography, in which his altimetry goes 2 to 6 meters; muddy banks of intertidal have 7.3 km², are positioned so as planes parallel to the coastline, with slightly angled relief that goes 0 to 2 meters; the sand ridges subatual add up to 2.2 km² and are positioned in the shape of arrows arranged as meaning of the present coastline, with flat topography, with a altimetry 6 to 12 meters; alluvial plains have 10.7 km² and are situated in contact with mangrove areas and along some river channels, with flat topography, above 6 meters; alluvial plains presenting species of *Avicennia sp.* have 1.1 km², feature a flat topography that goes 2 to 6 meters and are found the interior plains of muddy tidal; alluvial plains with vegetation fields add up to 4.4 km², are located shaped places of the narrow valley floors with a flat topography ranges from 4 to 10 meters; the sandy bars have 17.3 km², are located as deposits elongated in the sense of the mouths of estuaries and feature a flat topography, which ranges from 0 to 2 meters. The geomorphological indicators identified are the advance and retreat of the coastline; the emergence and growth of sandy bars; approach and retraction of sandy bars in relation to the coastline; the biological indicators relates to formation and destruction of neossolos mangrove soil; the increase of mangrove area and development of the standard "Escada"; reduction mangrove area and pattern formation "Paliteiro". The morphological changes can be classified in their majority as acrecionais because in 24 years there was an increase in mangrove area of 3.85 km², which responsible for 4.19% of the total area plus in addition to have occurred in this period, installing two new islands, the Nova and Peruru. The dynamic that occurs in this municipality cause changes in soil and morphology due to installation of neossolos and formation of mangrove ecosystem, besides the occurrence of patterns "Escada" and "Paliteiro".

Keywords: remote sensing; coastline, mangrove; relief units; accretion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6:** Etapas de tratamento digital das imagens LANDSAT, para a posterior extração de informações. 1 e 2) Etapas de aquisição das imagens nos sites do INPE e do GLCF; 3) Processo de correção geométrica; 4) Aplicação do realce linear; 5) Composição colorida 5R4G3B; 6) Resultado da classificação automática. **21**
- Figuras 7, 8, 9 e 10:** na figura 7 vê-se a área de baixos platôs desmatada com a “capoeira” se instalando e ao fundo a presença da planície lamosa de maré; a 8 mostra a área de tabuleiro sendo usado para a pecuária, às margens da PA-140. Data da foto: 06/07/2011; na 9 o tabuleiro com a vegetação secundária; e a figura 10 mostra a área de tabuleiro sendo usada para o reflorestamento. Data da foto: 06/07/2011. **45**
- Figuras 11, 12, 13 e 14:** estas figuras mostram áreas de tabuleiros coberto com a vegetação de cerrado, sendo que ambas evidenciam sinais de devastação; na 11 observa-se a presença da caraná e algumas características da vegetação de cerrado como árvores de pequeno porte e tortuosas, além da presença de gramíneas. Data da foto: 06/07/2011. Na 12 por trás do cerrado há a presença da vegetação secundária; a 13 e a 14 mostra que esta vegetação foi queimada, esta é uma prática regular praticada pela população local para a limpeza da área e posterior instalação de pasto para o gado. **46**
- Figuras 15 e 16:** Falésias erodidas pelas correntes de maré na orla do sítio urbano, à margem esquerda do rio Mojuim. Observar a presença do Grês-do-Pará. Data da foto: 14/01/2012 **47**
- Figuras 17, 18, 19 e 20:** na 17, a planície lamosa de maré com a vegetação de mangue, em destaque a *Laguncularia sp.* e por trás espécies de *Avicennia sp.*; a 18 mostra a presença deste relevo em ambas as margens do rio Barreta, na qual a esquerda tem o predomínio da *Rhizophora sp.* e na margem direita a presença da *Avicennia sp.*; a 19 mostra o rio Peruru na maré baixa, coberta com a vegetação de mangue e mostrando o predomínio da *Rhizophora sp.*, e a 20 tem a frente a *Rhizophora sp.* e por trás a *Avicennia* **49**
- Figuras 21, 22, 23 e 24:** a 21 mostra o banco lamoso de intermaré na ilha Peruru, exposto na maré baixa, a fauna, como a gaivota (*Larus atlanticus*) aproveita para alimentar-se de micro-organismos que se instalam progressivamente. Observar ao fundo, a planície lamosa de maré. Data da foto: 14/01/2012; a 22 mostra este relevo na ilha da Macaca, com a *Spartina sp.* e a *Rhizophora sp.* por trás; a 23, na comunidade da Cachoeira, vê-se este relevo e por trás a presença do mangue em regeneração; e na figura 24, a ilha Taipu com o banco lamoso de intermarintermaré, e a instalação da *Spartina sp.* e da *Rhizophora sp.*, observar a presença do guará (*Eudocimus ruber*), também alimentando-se dos micro-organismos. **51**
- Figuras 25, 26, 27 e 28:** estas figuras mostram o cordão arenoso subatual, com sua vegetação composta por espécies de campo misto com espécies herbáceas e mostrando a presença de duna vegetada e do solo arenoso; nas figuras 25 e 27 há a presença, ao fundo, da planície lamosa de maré. Data da foto: 06/07/2011. **52**
- Figuras 29, 30, 31 e 32:** A planície aluvial apresenta uma vegetação típica que recebe a influência da água doce. Podem posicionar-se as margens de canais fluviais, como nas figuras nº 31 e 32 ou próximo a estes. A vegetação aluvial é adaptada ao solo hidromórfico, e é rica em palmeiras, com o predomínio do açai (*Euterpe oleracea Mart.*). Data da foto: 06/07/2011. **54**

Figuras 33, 34, 35 e 36: Árvores de *Avicennia sp.*, inseridas em ambiente de várzea são 56
indicadoras de condições ambientais pretéritas. Nesta figura observa-se, além da *Avicennia*
sp., muitas de samambaia Açú (*Achrosticum aureum*), açai (*Euterpe oleracea*), o bambu ou
taboca (*Bambusa vulgaris*) e vegetação herbácea. A presença da *Achrosticum aureum*
(samambaia açu), é indicadora da ocorrência de uma modificação sedimentar com maior
influência de silte e areia fina, que se desenvolve em áreas mais elevadas.

Figuras 37, 38, 39 e 40: A planície aluvial com vegetação de campos tem um solo 58
hidromórfico que não é adequado para a vegetação arbórea, mas sim para a vegetação
herbácea, o que é muito bom para a exploração da pecuária. Esta planície passa parte do ano
alagada, durante o período chuvoso. Ao fundo das figuras 37 e 39 observa-se a vegetação de
mangue ao fundo, típica da planície lamosa de maré e nas 38 e 40, vê-se por trás a vegetação
aluvial, da planície aluvial. Data da foto: 14/01/2012.

Figuras 41, 42, 43 e 44: estas planícies posicionam-se de forma alongada, e ficam 59
parcialmente expostos na maré baixa, portanto, situa-se na zona de intermaré e inframaré.
São formados por sedimentos arenosos e não apresentam vegetação e por isso, não
constituem solo.

Figura 45: Carta Imagem do Ano de 1984. 63

Figura 46: Carta Imagem do Ano de 1994. 65

Figura 47: Carta Imagem do Ano de 2008. 67

Figuras 48, 49, 50 e 51: na figura nº 45 mostra a acreção da linha de costa da margem 70
esquerda do rio Mojuim com quatro padrões de acreções formados pela instalação da
Spartina sp., pela *Laguncularia sp.*, da *Avicennia sp.* e da *Rhizophora sp.* Nesta área
observa-se a ocupação urbana adentrando o mangue o que é proibido, pois esta é uma Área
de Proteção Permanente (APP) de acordo com a Lei nº 4.771/65 (BRASIL, 2002); a 46
mostra as espécies pioneiras da instalação do mangue; na figura nº 47 na margem direita do
rio Maru Ipanema vê-se a acreção da linha de costa em direção ao rio Maru Ipanema com três
padrões de crescimento com a presença da *Spartina sp.*, pela *Laguncularia sp.*, da *Avicennia*
SP; e na 48 observa-se que apesar de terem desmatado esta área de mangue, as margens do
rio Mojuim, esta vegetação encontra-se em regeneração e progradando em direção ao rio.

Figuras 52, 53, 54 e 55: as figuras nº 49 e 50 mostram a vegetação de mangue da Ponta da 71
Macaca sendo erodida devido ao ataque das correntes de maré, o que causa o recuo da linha
de costa desta ilha; a nº 51 ressalta a parte norte da ilha do Papagaio, na margem esquerda do
igarapé Tajapuru, e o sudeste da ilha Taipu, ambas com a linha de costa sendo recuadas; e a
nº 52 com o destaque para a queda das árvores adultas na linha de costa.

Figuras 56, 57, 58 e 59: as figuras de nº 53 e 54 mostram uma barra arenosa junto à linha de 72
costa da ilha Taipu e sua consequência que é a acreção da linha de costa, levando ao aumento
do mangue com a instalação da *Spartina sp.*, da *Laguncularia sp.*, da *Avicennia sp.* e da
Rhizophora sp.; nas figuras de nº 55 e 56 observa-se uma barra arenosa ao norte da ilha do
Marinheiro, que foi afastada da linha de costa e causou um estreitamento do canal de maré,
ocasionando uma maior velocidade nas correntes, provocando a erosão desta vegetação de
mangue. Data da foto: 14/01/2012

Figuras 60, 61, 62 e 63: A formação de neossolos tem início com a instalação das espécies pioneiras de mangue como a *Spartina sp.*, pois estas têm o importante papel de retenção dos sedimentos finos, essenciais para a instalação das demais espécies de mangue; as figuras 59 e 60 mostram as espécies jovens de *Laguncularia sp.* e da *Avicennia sp.* no início de sua instalação quando o solo já apresenta uma maior quantidade de sedimentos pelíticos. Data da foto: 14/01/2012. 74

Figuras 64, 65, 66 e 67: O padrão “Escada” é um indicativo de acreção da linha de costa, marcada pelo posicionamento das espécies precursoras, como a *Spartina sp.* à frente, seguida de espécies de mangue mais jovens à frente das adultas, como a *Laguncularia sp.*, a *Avicennia sp.* e a *Rhizophora sp.*, como mostram as figuras de nº 61 e 62, na parte leste da ilha da Macaca; nas nº 63 e 64 vê-se o padrão “Paliteiro” que é um indicativo da erosão da linha de costa, na qual as árvores jovens são removidas pela força das correntes de maré deixando algumas árvores adultas e formando o padrão “Paliteiro”. Data da foto: 14/01/2012. 75

Figuras 68, 69, 70 e 71: A erosão da linha da de costa provoca a formação de terraços de lama, como mostrado nestas figuras. Na nº 68, observa-se a presença da fauna como a gaiivota (*Larus atlanticus*), que aproveitam para alimentar-se de microorganismos. Ao fundo a presença do manguezal mostrando o padrão “Escada”, o que mostra o quanto esta área de estudo é dinâmica, pois o terraço é comprovação de erosão e por trás já se tem uma nova área de mangue sendo constituída. Data da foto: 14/01/2012. 76

Figura72: carta imagem de 2008. 85

Figuras 73, 74 e 75: cartas imagens dos anos 1984, 1994 e 2008, que mostra a formação das ilhas Nova e Peruru. 87

Figuras 76, 77, 78 e 79: O micromodelado é definido devido a interação vegetação-morfologia. Nas figuras 73 e 74 observar-se as espécies de *Avicennia sp.* e *Spartina sp.* as margens do rio Barreta, compondo micromodelados; na 75 vê-se o padrão “Escada” que significa a acreção da linha de costa e o aumento das áreas de mangue; na 76 ocorre o processo inverso que é a destruição das áreas de mangue e o recuo da linha de costa em direção ao continente. 89

MAPAS

Mapa 1: Localização da Área de Estudo. 15

Mapa 2: Distribuição das Unidades Morfológicas da Porção Norte do Município de São Caetano de Odivelas (PA). 43

Mapa 3: Mapa da Dinâmica do Mangue no Período de 1984 a 1994. 79

Mapa 4: Mapa da Dinâmica do Mangue no Período de 1994 à 2008. 81

QUADROS

Quadro 1: Classificação Taxonômica de Ross. 39

Quadro 2: Compartimentação Morfológica da Porção Norte do Município de São Caetano de Odivelas, Pará. 41
42

Quadro 3: Indicadores da Dinâmica Costeira. 69

TABELAS

Tabela 1: Imagens Orbitais Trabalhadas.	19
Tabela 2: Cálculo de Erro Geométrico por Imagem e Cumulativo.	20
Tabela 3: Quantificação das Áreas de Mangue Acrescidas e Erodidas no Período entre 1984/1994	78
Tabela 4: Quantificação das Áreas de Mangue Acrescidas e Erodidas no Período entre 1994/2004	82
Tabela 5: Quantificação das Áreas de Mangue Acrescidas e Erodidas no Período entre 1984/2004	84

LISTA DE SIGLAS

DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação – Ministério da Marinha.
FGC	Faculdade de Geografia e Cartografia
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IDESP	Instituto do Desenvolvimento Econômico-social do Pará.
IFCH	Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
IG	Instituto de Geociências
LAIG	Laboratório de Informação Geográfica
MPEG	Museu Paraense Emílio Goeldi
NAEA	Núcleo de Altos Estudos Amazônicos
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente - Pará
SRTM	Missão Topográfica por Radars
UFPA	Universidade Federal do Pará

SUMÁRIO

	RESUMO	IV
	ABSTRACT	V
	LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VI-VIII
	LISTA DE SIGLAS	IX
	CAPÍTULO I	
1	INTRODUÇÃO	13
	Problema	16
	Objetivos da pesquisa	16
	CAPÍTULO II	
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
	CAPÍTULO III	
3	ELEMENTOS DE ANÁLISE DA DINÂMICA COSTEIRA E CONTEXTO FISIAGRÁFICO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS NO LITORAL EQUATORIAL AMAZÔNICO	24
3.1	FATORES DA DINÂMICA COSTEIRA	24
3.1.1.	Clima	24
3.1.2.	Ondas	25
3.1.3.	Marés	25
3.1.4.	Correntes costeiras	26
3.1.5	Tectônica	27
3.1.6	Litologia	28
3.1.7.	Descargas fluviais	28
3.1.8	Mudanças morfológicas costeiras	28
3.2.	FORMAÇÃO DOS ESTUÁRIOS REGIONAIS	29
3.3.	COMPARTIMENTAÇÃO MORFOESTRUTURAL	30
3.4.	MACROCENÁRIO COSTEIRO E FISIAGRÁFICO REGIONAL	33
	CAPÍTULO IV	
4	UNIDADES DE RELEVO DA PORÇÃO NORTE DO MUNICÍPIO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS	38

4.1	UNIDADES MORFOLÓGICAS TABULEIROS E BAIXOS PLATÔS	44
4.2	UNIDADES MORFOLÓGICAS PLANÍCIES LAMOSAS DE MARÉ	47
4.3	UNIDADES MORFOLÓGICAS BANCOS LAMOSOS DE INTERMARÉ	50
4.4	UNIDADES MORFOLÓGICAS CORDÕES ARENOSOS SUBATUAIS	51
4.5	UNIDADES MORFOLÓGICAS PLANÍCIES ALUVIAIS	53
4.6	UNIDADES MORFOLÓGICAS PLANÍCIE ALUVIAL COM PRESENÇA DE ESPÉCIES DE <i>AVICENNIA SP.</i>	54
4.7	UNIDADES MORFOLÓGICAS PLANÍCIES ALUVIAIS COM VEGETAÇÃO DE CAMPOS	57
4.8	UNIDADES MORFOLÓGICAS BARRAS ARENOSAS	59
	CAPÍTULO V	
5	ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DINÂMICA COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS (PA)	61
5.1	MUDANÇAS NA LINHA DE COSTA: EXEMPLOS DA ZONA COSTEIRA PARAENSE	61
5.2	POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA ENTRE 1984, 1994 e 2008	62
5.3	FATORES DA DINÂMICA COSTEIRA E INDICADORES PARA ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DA LINHA DE COSTA EM SÃO CAETANO DE ODIVELAS	68
5.3.1	Indicadores geomorfológicos	68
5.3.2	Indicadores biológicos	73
5.4	A DINÂMICA DA LINHA DE COSTA ENTRE 1984/1994 E 1994/2008	77
5.4.1	A formação de novas ilhas	85
5.4.2	Consequências para a vegetação e para a morfologia	88
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
	REFERÊNCIAS	96

1. INTRODUÇÃO

As formas de relevo refletem as interações existentes entre as forças endógenas, com a tectônica e a litologia, e as forças exógenas, em que atuam as dinâmicas atmosféricas, hidrológicas e biológicas, mais a ação humana. Tais forças determinam o modelado da Terra, pela combinação de processos atuais e pretéritos. O relevo é um dos componentes da superfície terrestre e está intrinsecamente relacionado com as rochas que o sustentam, com o clima e com os solos que o recobre. Esses elementos nos permitem considerar que o relevo, como os demais componentes da natureza, é dinâmico e, portanto, está em constante estado de evolução (MELO et al., 2005; ROSS, 2009; SUMMERFIELD, 1991).

A zona costeira da região norte brasileira apresenta uma diversidade de formas de relevo que se caracterizam pela transição entre terras e águas marinhas, fluviais e estuarinas, situação típica das zonas costeiras brasileiras. Estas são espaços onde ocorrem interações peculiares entre sistema marinho e continental, o que inclui estruturas geológicas, feições de relevo, solos, formações vegetais, forças atmosféricas, condições de drenagem, além da fauna e de atividades e padrões de ocupação humana que se aproveitam dos atributos físicos, ecológicos e paisagísticos relacionados às zonas costeiras (BARBOSA, 2007; MORAES, 1999; SOUZA et al., 2005). As zonas costeiras estão em constante processo de mudança, seja espacial ou temporal, correspondendo a setores extremamente dinâmicos onde ocorrem múltiplas e rápidas alterações morfológicas e sedimentológicas (MENDES, 2005; SUGUIO et al., 2005).

O monitoramento sobre as mudanças que ocorrem nas zonas costeiras geralmente pode ser feito a partir de duas escalas temporais diferenciadas. A primeira diz respeito a um longo prazo, que envolve períodos de milhares de anos, em que os processos de modelagem da costa estão associados às variações climáticas, e a segunda, de curto prazo, que envolve anos ou meses, na qual estão relacionados os processos dinâmicos que controlam a evolução da paisagem na atualidade (FORBES; LIVERMAN, 1996).

Estas mudanças são passíveis de ocorrer devido aos padrões cíclicos de frequência e intensidade de tempestades, da alternância de períodos secos e chuvosos, de direção e intensidade dos ventos, do regime de ondas e marés, do transporte sedimentar e do aporte

local de sedimentos, o que leva a desencadear processos de erosão, transporte e sedimentação (NORDSTROM, 1980).

Na zona costeira paraense são identificados dois grandes macrocenários geomorfológicos e sedimentológicos, que são o Golfão Marajoara e o Litoral de Reentrâncias do Pará-Maranhão (SOUZA FILHO, 2005). O Município de São Caetano de Odivelas insere-se, justamente, entre os dois setores, e esta localização é o que chama a atenção especial sobre esta área de estudo, entre a baía de Marajó e o estuário do rio Mojuim, sugerindo que existem neste município forçantes diferenciadas que devem influenciar de modo desigual na distribuição das formas de relevo e na dinâmica costeira.

Levando em conta os aspectos relacionados acima, o presente trabalho teve por objetivo identificar, mapear e caracterizar as formas de relevo e analisar as mudanças na posição da linha de costa no Município de São Caetano de Odivelas, que compõe a Mesorregião Nordeste Paraense e a Microrregião do Salgado (SEPOF, 2011). A este respeito, alguns trabalhos já foram realizados, a exemplo de Almeida (1996), Faure (2001), Luz (2001), Luz et al., (2000), Mendes (2005), Prost et al. (2001).

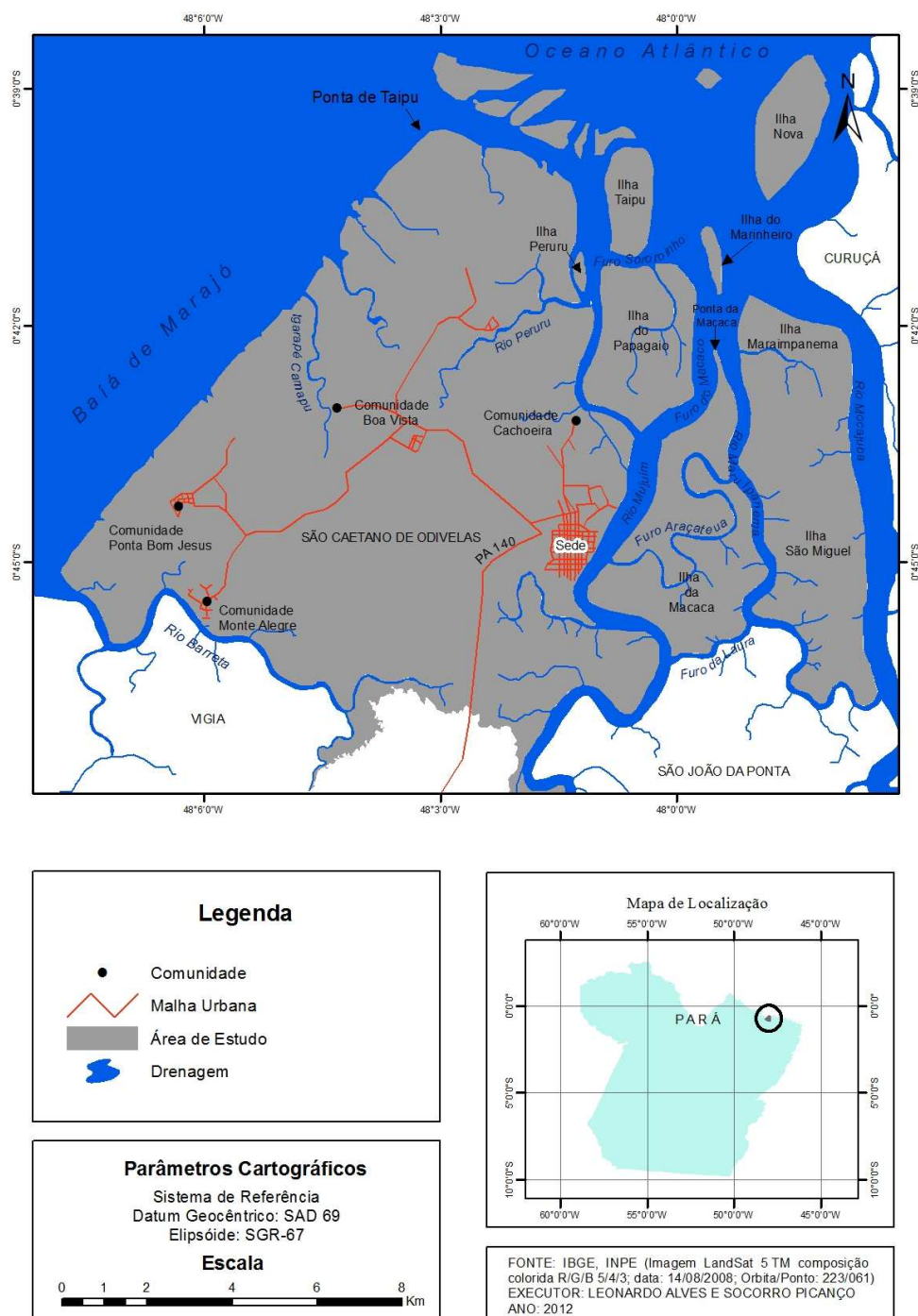
A área de interesse da pesquisa compreende especificamente a porção norte do município, entre o rio Barreta e o furo da Santana, ao sul, e o oceano Atlântico, a norte, e entre a baía de Marajó, a oeste, e o rio Mocajuba, a leste. Nesta área está a cidade-sede do município, tendo como ponto de referência as coordenadas 00° 44' 33' S e 48° 01' 03' W. São Caetano de Odivelas tem como limites ao norte o Oceano Atlântico, a leste o Município de Curuçá, a sul os Municípios de Terra Alta e São João da Ponta, e a oeste o Município de Vigia. Situa-se a 155 km da capital do estado, com acesso rodoviário realizado pela PA 140 (mapa 1).

A presente pesquisa pretendeu contribuir para o melhor entendimento sobre o comportamento da morfologia neste trecho da zona costeira paraense, que permitirá o conhecimento sobre novos dados científicos úteis ao monitoramento e manejo destas áreas.

O trabalho foi realizado com base na aplicação dos produtos do sensoriamento remoto, pois estes têm se mostrado uma das mais importantes técnicas para registrar, monitorar, mapear e comparar áreas costeiras sujeitas a recuo e avanço da linha de costa,

essencial para os estudos das mudanças costeiras de médio período (FRANÇA; SOUZA FILHO, 2003; SOUZA FILHO, 2001).

Mapa 1: Localização da Área de Estudo.



Fonte: IBGE, INPE

Além do uso de geoindicadores, que é uma ferramenta de análise que abre novos caminhos para a pesquisa em Geografia Física em âmbito local ou regional, com estudos de caráter integrado e sistêmico.

Esta pesquisa procurou responder às seguintes questões:

- Quais as unidades de relevo presentes na porção norte do município de São Caetano de Odivelas ?
- Qual a distribuição espacial dessas unidades e quais condicionantes fisiográficos explicam a distribuição espacial das unidades de relevo em São Caetano de Odivelas?
- Qual a variabilidade da posição da linha de costa desse município nas últimas duas décadas?
- Quais são os geoindicadores que assinalam as mudanças ocasionadas pela variabilidade da linha de costa e quais são as consequências para a vegetação e a morfologia?

O objetivo geral da pesquisa foi o de caracterizar as unidades de relevo e as mudanças morfológicas, incluindo a variação da linha de costa, tendo em vista a localização do município de São Caetano de Odivelas entre dois setores costeiros distintos: o Golfão Marajoara e o Litoral de Reentrâncias Pará-Maranhão. Especificamente, buscou-se identificar as unidades de relevo, com base na classificação taxonômica de Ross (1992, 2003a, 2003b, 2009), em especial o 1º Taxon (unidades morfoestruturais), o 3º Táxon (unidades morfológicas) e o 4º Taxon (conjuntos de formas semelhantes); analisar a distribuição dessas unidades a partir dos condicionantes fisiográficos, que dizem respeito aos fatores climáticos, tectônicos e costeiros atuais e pretéritos; verificar a variação multitemporal da posição da linha de costa, pelo reconhecimento de formas em imagens de satélite dos anos de 1984, 1994 e 2008; identificar os geoindicadores; e analisar as consequências para a vegetação e a morfologia desta área de estudo.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos da pesquisa incluíram o levantamento bibliográfico e revisão de literatura; o levantamento de base cartográfica e de produtos de sensores remotos; tratamento e processamento digital das imagens orbitais de diferentes anos; elaboração de mapas temáticos e os trabalhos de campo.

O levantamento bibliográfico e a revisão de literatura foram realizados com sistematização e discussão de leituras concernentes às noções de unidades de relevo, geoindicadores, zona costeira e estuários, e de trabalhos referentes à dinâmica costeira geral e da área de estudo, haja vista que estas pesquisas bibliográficas servem para o conhecimento do contexto fisiográfico sub-regional e local. O material foi buscado nas bibliotecas do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) da UFPA, do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará (SEMA). Outras referências foram encontradas disponíveis na internet, fazendo-se busca por meio do Google Acadêmico.

A análise da variação da linha de costa foi realizada por meio do uso de geoindicadores, pois estes são importantes para identificar, avaliar e medir mudanças de caráter fisiográfico e físico-ambiental, a partir de adaptação da proposta de Coltrinari (2001). Com os geoindicadores, a análise do meio implica a observação e medição *in locu*, mas também o registro de fenômenos em um plano – o croqui, a carta ou mapa. Um geoindicador pode ser definido como medida de magnitude, frequência, taxa ou tendência de processos de fenômenos que ocorrem em períodos de cem anos ou menos, na/ou próximo à superfície terrestre, sujeitos a variações significativas para a compreensão das mudanças geoambientais rápidas (CORNER BROOK apud COLTRINARI, 2001).

A análise de mudanças com base em um geoindicador deve levar em consideração as especificidades biofísicas do espaço em análise, e ainda os aspectos de apropriação e uso do solo pelas sociedades humanas. Os indicadores geomorfológicos são a base da análise das mudanças costeiras, fornecendo elementos para a mensuração e avaliação de processos e formas (BERGER, 1996). Portanto, para esta pesquisa o principal indicador utilizado foi o limite da cobertura de mangue, pois este, ao ser usado como a linha de referência para detectar as mudanças de linha de costa, é capaz de evidenciar

mudanças de curto período na linha de costa relacionadas à ação de processos fisiográficos e/ou antrópicos.

Coltrinari (2001) relaciona os processos e parâmetros que estão sujeitos a mudanças na zona tropical previsto para os geoindicadores. Os indicadores adequados devem ser monitorados em escalas espaço-temporais que variam de acordo com o tamanho, a extensão, a amplitude e a periodicidade dos processos e parâmetros monitorados.

Quanto ao levantamento cartográfico que serviu de base para a delimitação das unidades de relevo, seguiu a taxonomia de Ross (1992, 2003a, 2003b, 2009), e incluiu-se de modo complementar, o uso de imagens orbitais e mapas temáticos elaborados para a área de estudo e seu entorno, nas escalas 1:50.000 a 1:100.000, contidos em UAS - MPEG (2000), Faure (2001), IDESP (1990), SECTAM e MPEG (2011) e Barbosa (2007).

O tratamento e processamento de imagens orbitais foi feito por meio do uso de imagens digitais do sensor TM 5 do satélite LANDSAT, adquiridas gratuitamente no site www.inpe.br, (verificar as figuras nº 1 e 2, p. 21). Três imagens foram selecionadas: a imagem de 1984, em órbita/ponto 223_060, de 27 de julho; a imagem de 1994 em órbita/ponto 223_061, de 21 de junho; e a imagem de 2008 esteve em órbita/ponto-223/060, de 13 de julho. Estas imagens têm a resolução espacial de 30 m, com exceção da banda 6, descartada, pois não pôde ser usada devido ao seu termal de 120 m de resolução. Estas imagens foram escolhidas pelo fato de terem uma baixa cobertura de nuvens e por terem curto intervalo temporal, 10 e 14 anos, propício para que seja feita uma análise multitemporal, detalhe primordial para a interpretação visual das imagens e para adquirir informações necessárias sobre as mudanças ocorridas na linha de costa da área de estudo (tabela 1).

O processamento digital das imagens foi feito no *software* para processamento digital de imagens CPI *Geomática* 10.3, licenciado para o uso no Laboratório de Análises de Imagens do Trópico Úmido (LAIT), do Instituto de Geociências (IG) da UFPA. Neste programa foi feito a correção atmosférica, por meio da técnica de subtração dos pixel's escuros com o método Chavez (CHAVEZ JR, 1996) com o intuito de reduzir o efeito do espalhamento atmosférico, sendo que esse efeito é mais pronunciado na banda do visível e decresce em direção ao infravermelho próximo. Este processo gera imagens mais puras,

possibilitando melhor discriminação dos alvos, o que facilita os processos de classificação visual e radiométrica das imagens.

Tabela 1: Imagens Orbitais Trabalhadas.

SENSOR	SATÉLITE	DATA	RESOLUÇÃO ESPACIAL	BANDAS	CONDIÇÕES DE MARÉ
TM 5	LANDSAT	27/07/1984	30 m	5,4,3	Alta
TM 5	LANDSAT	21/06/1994	30 m	5,4,3	Alta
TM 5	LANDSAT	13/07/2008	30 m	5,4,3	Baixa

Fonte: INPE.

Org. a autora.

A correção geométrica de cada imagem, (ver figura nº 3, p. 21), é necessária porque durante o processo de aquisição de imagens por sensores remotos ocorrem algumas distorções espaciais quanto ao posicionamento dos objetos ou superfícies representadas na imagem em função de diversos fatores, como por exemplo, a rotação da Terra. Este processo foi realizado no mesmo *software* *CPI Geomática 10.3*, por meio da ferramenta *OrtoEngine*, na qual a ortorretificação foi feita por meio da coleta de pontos via tela, a partir da imagem LANDSAT 1988, georreferenciada e adquirida gratuitamente no site <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>, da Universidade de Maryland- *United States Geological Survey* (USGS), e por meio dos dados de elevação do terreno (MDE) do SRTM. Esta é a imagem que contém os dados de altitude que será usada para a ortorretificação da imagem, e é adquirida por meio do mesmo site da Universidade de Maryland.

Esta imagem, para o hemisfério sul, tem uma resolução de 90 metros, por isso esta foi levada ao *software Global Mapper 5*, para ser ter sua resolução mudada para 30 metros, em seguida seus dados foram recortados para se restringir a esta área de estudo. Em ambas as imagens foram coletadas 25 pontos de controle, amplamente distribuídos nas imagens. Após todos os pontos terem sido coletados, o erro remissivo de RMS da imagem de 1984 ficou em 0,62, o da imagem de 1994 ficou em 0,72 e a de 2008 em 0,48 pixels. Todos ficaram com o percentual de erro aceitável, pois este deve ficar com menos de 1 pixel.

Por meio do uso dos erros remissivos de RMS das imagens e da regra de três, foi possível calcular a margem de erro geométrico de cada imagem e o erro geométrico máximo cumulativo para medida de área (m²) e para a área linear (m), (como mostrado na

tabela 2), cujo significado mostra que na análise dos dados obtidos com a sobreposição dos vetores de 1984/1994, as mudanças de até 1.206 m² e de 40,2 metros lineares de áreas costeiras devem ser desconsideradas ou tratadas como fora de limite de detecção dos sensores, portanto, devem ser consideradas como trechos estáveis ou sem mudanças aparentes. Da mesma forma, para os dados obtidos por meio dos vetores de 1994/2008, devem ser adotados os limites de até 1.080 m² e de 36 metros lineares, como sendo limites do método, cujas variações não são detectadas.

Tabela 2 – Cálculo de Erro Geométrico por Imagem e Cumulativo

Imagem/ Ano	Erro geométrico por imagem		RMS (por pixel)	Sobreposição das imagens	Erro geométrico cumulativo	
	Para medida de área (m ²)	Por área linear (m)			Para medida de área (m ²)	Por área linear (m)
1984	558	18,6	0,62	-	-	-
1998	648	21,6	0,72	1984/1994	1.206	40,2
2008	432	14,4	0,48	1994/2008	1.080	36,0

Org. a autora

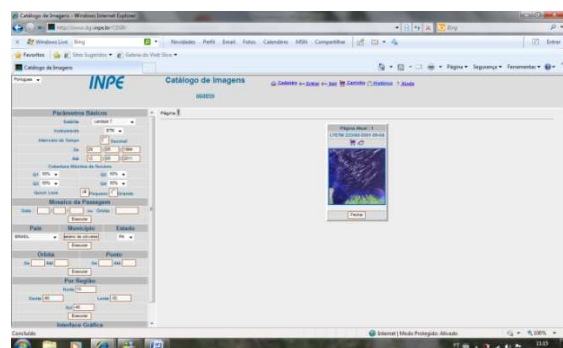
Com base no uso da ferramenta Algorithm Librarian do software PCI Geomatics 10.3 foi aplicado o realce linear na adição do *look-up table* (LUT) em cada banda, (ver figura nº 4, p. 21), no qual são alterados os histogramas de cada uma e salvos com sua nova representação. O realce de imagens consiste no aumento do espalhamento dos níveis de cinza, segundo uma função linear, o que significa a transferência e manipulação dos dados da imagem com o objetivo de melhorar o realce das cores para ajudar o analista na extração de informações para a interpretação direta ou como entrada para classificação (PCI, 2009; IBGE, 2001).

A composição colorida das bandas consiste em combinar três imagens diferentes com o objetivo de realçar uma determinada informação espectral do objeto (verificar a figura nº5, p. 21). Esta composição é associada ao canal R, G, e B, que gera uma imagem colorida. Nesta, foi adotada a faixa do visível (3 e 4) e do infravermelho próximo (5), combinação 5R4G3B, pois estas bandas refletem mais as características da vegetação

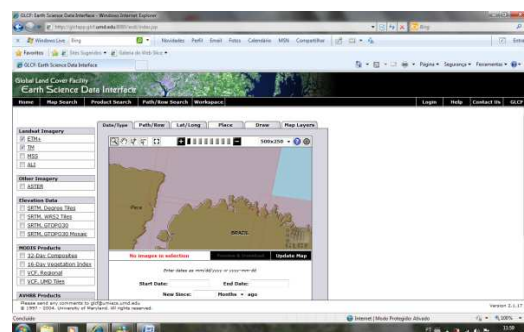
devido à presença da clorofila, que absorve grande parte da energia incidente na porção do visível do espectro, o que causará uma alta refletância da vegetação nestas duas faixas. A identificação dos tipos de vegetação ajuda a identificar as diferentes unidades de relevo, além da observação da dinâmica da linha de costa por meio da linha formada pela vegetação de mangue.

Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6: Etapas de tratamento digital das imagens LANDSAT, para a posterior extração de informações. 1 e 2) Etapas de aquisição das imagens nos sites do INPE e do GLCF; 3) Processo de correção geométrica; 4) Aplicação do realce linear; 5) Composição colorida 5R4G3B; 6) Resultado da classificação automática.

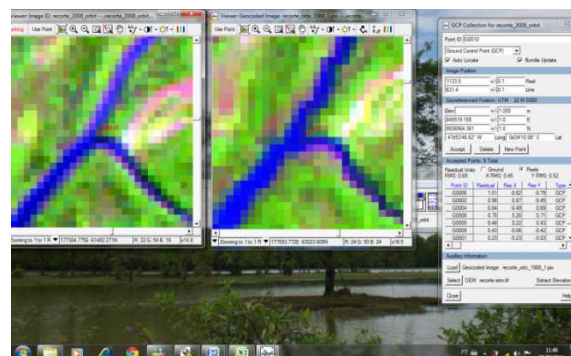
1



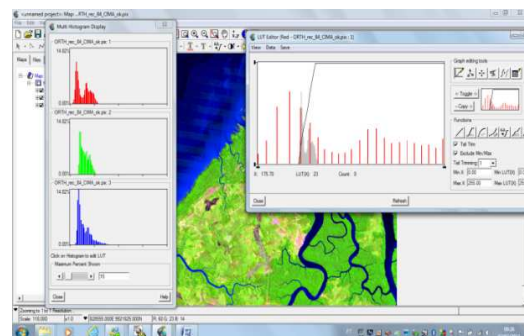
2



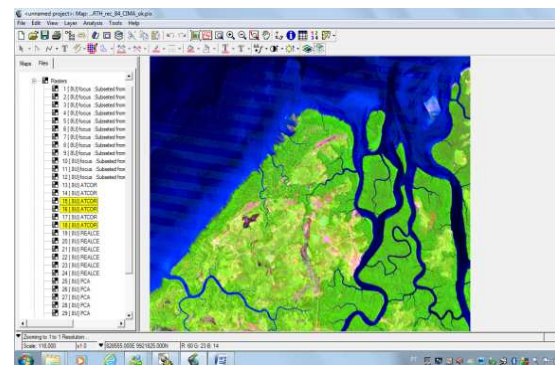
3



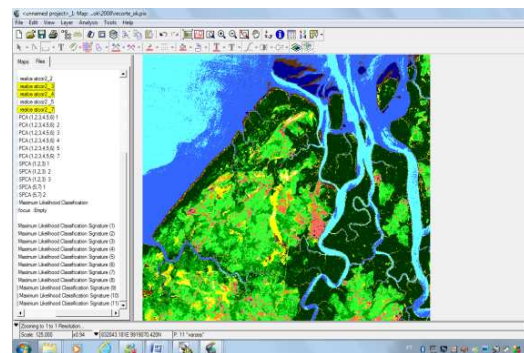
4



5



6



FONTE: INPE

O passo seguinte foi a aplicação de técnicas de classificação automática, pois estas maximizam a extração de informações, de forma mais rápida e precisa. Foram usadas técnicas de classificação supervisionadas, nas imagens LANDSAT-5, para a extração das informações requeridas (observar a figura nº 6, p. 21). Para a realização das técnicas e procedimentos de classificação foi utilizado o módulo *Analysis* do *software* PCI *Geomática*. Posteriormente foi gerado o Índice Kappa para verificar a acurácia do processo, no qual foram usados, para esta avaliação, 500 pontos de referência distribuídos pela área estudada.

Para este trabalho o sistema de classificação automática foi descartado em razão de algumas imprecisões que apresenta na delimitação de classes, optando-se pela interpretação visual das imagens e pela digitalização manual das unidades de relevo e da linha de costa e dos canais. Para tal, as imagens foram levadas ao *Translate*, a fim de que elas fossem transferidas para o formato TIFF para o posterior uso no *software* ARCGIS 10, no Laboratório de Análise da Informação Geográfica (LAIG) do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH) da UFPA. A partir de então, procedeu-se à interpretação e digitalização dos mapas temáticos e à quantificação das classes estudadas.

A vetorização das imagens foi feita com a delimitação da linha de costa, composta pela linha de vegetação de mangue, e também pela digitalização dos canais estuarinos/fluviais (canais). Pela interpretação visual digitalizou-se, em cada imagem, a linha de costa. Em seguida foi feita a sobreposição de vetores, a poligonalização, a classificação e a quantificação das áreas progradacionais e de regressão, a mensuração de distâncias lineares e o cálculo de taxas e porcentagens de variações. Durante esta etapa, foram analisados e quantificados, em termos de áreas e taxas, as mudanças ocorridas na linha de costa e nas áreas cobertas pelo mangue. A interpretação visual das imagens foi complementada e corrigida pelos dados de campo e por consultas à base cartográfica de referência.

A análise multitemporal da posição da linha de costa foi dividida em duas etapas. A primeira foi baseada na sobreposição dos vetores correspondentes às imagens de 1984 e 1994 e a segunda etapa diz respeito à comparação entre os vetores dos anos 1994 e 2008, onde se delimitou os limites externos e internos do mangue para que as mudanças ocorridas nestes intervalos pudessem ser observadas, comparadas, quantificadas e

mapeadas, com o objetivo de observar e analisar a dinâmica costeira que ocorre neste espaço estudado, considerando-se intervalos iguais ou aproximados a uma década.

O mapa de relevo foi elaborado com base na imagem SPOT de 2010, por ser a mais recente e por estar em situação de maré baixa, fator este que é essencial para a análise das feições deposicionais costeiras em posição de infra e intermaré. Esta imagem foi fornecida gratuitamente pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), a data de aquisição é de 06/07/2010, possui quatro bandas com resolução de 2,5 metros e com uma resolução radiométrica de oito bits. Utilizou-se o *software* ARCGIS 10, no LAIG – IFCH - UFPA, no qual se fez digitalização manual, com a identificação dos diferentes tipos de relevo, além da retirada das informações e quantificação dos mesmos. O mapeamento das unidades de relevo está pautado na classificação taxonômica de Ross (1992, 2003a, 2003b, 2009), com base nas unidades morfoestruturais, nas unidades morfológicas e nos conjuntos de formas semelhantes, respectivamente. Para a obtenção das altimetrias de cada unidade de relevo, foram usadas as informações disponíveis do Google Earth, sobre a área de estudo, fornecida por meio do satélite Spot Image, 2012 e acessadas em 17/04/2012.

Os trabalhos de campo ocorreram em julho de 2011, em janeiro de 2012, em julho de 2012 e em dezembro de 2012, para comprovação da interpretação das informações, registro de pontos de coordenadas e de elevação com GPS, levantamento de dados topográficos, além das correções de dúvidas e/ou levantamento de informações complementares, obtenção de registros fotográficos, observação dos processos erosão e acreção, e realização de entrevistas não estruturadas com moradores locais que forneceram informações sobre a toponímia de ilhas, furos, rios, ramais, comunidades, dentre outras.

3. ELEMENTOS DE ANÁLISE DA DINÂMICA COSTEIRA E CONTEXTO FIOGRÁFICO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS NA ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA

3.1. FATORES DA DINÂMICA COSTEIRA

A dinâmica costeira diz respeito a um conjunto de mudanças desencadeadas por fatores biofísicos ou antrópicos. Essa dinâmica pode ser identificada por meio do uso de geoindicadores, como a variação na posição da linha de costa (FRANÇA, 2003). Esta dinâmica dos ambientes costeiros é, em grande parte, influenciada por processos deposicionais e erosivos, no qual estes estão relacionados com a ação dos processos costeiros que causam constantes transformações nestes ambientes (ROSSETTI, 2008). As marés, os ventos, as ondas e as correntes de diversos tipos atuam sobre os materiais que ali se encontram, erodindo, transportando e depositando sedimentos (WILLWOCK et al., 2005).

Os principais agentes da dinâmica costeira serão vistos a seguir, destacando-se o clima (ventos, chuvas, calor e umidade), as ondas, as marés, a deriva litorânea, a tectônica e as mudanças morfológicas costeiras.

3.1.1. Clima

A variação da radiação solar recebida pela superfície do planeta é um dos principais condicionantes do clima, que, juntamente com as influências do movimento de rotação do globo terrestre, regem a circulação dos oceanos e da atmosfera. Estes últimos são responsáveis pelos regimes meteorológicos, que envolvem as massas de ar, as correntes oceânicas, a temperatura, as precipitações, a evaporação, os ventos, as ondas, as altas temperaturas e a umidade, elementos que participam da esculturação dos litorais (WILLWOCK et al., 2005).

Este conjunto de fatores do clima é responsável por muitas das características geomorfológicas das regiões costeiras, haja vista que a dinâmica climática controla as taxas de intemperismo, de erosão e de transporte de detritos na costa e até ela, e controla a direção e o poder energético das ondas que incidem sobre a costa, produzindo correntes litorâneas que transportam grandes quantidades de areia em diferentes sentidos, além de

ser também responsável, em larga escala (espacial e temporal), pelas flutuações do nível do mar. (CHRISTOFOLETTI, 1980; VILLWOCK et al., 2005; SUGUIO, 2010).

Nos trópicos úmidos, a rápida meteorização química resulta na decomposição de quase todas as formações rochosas, o que garante o abastecimento de sedimentos de granulometria fina, seja das falésias ou da carga detrítica transportada pelos rios (CHRISTOFOLETTI, 1980). A cobertura vegetal, elemento associado aos modelados do relevo e à compartimentação deste, além da constituição físico-química das águas, também expressa a influência do clima em razão dos regimes pluviométrico e hidrológico.

3.1.2. Ondas

As ondas constituem o movimento de sobe e desce das águas do mar causado pelo vento. Quanto maior a velocidade do vento, maior a altura das ondas, a velocidade e o comprimento delas (CHRISTOFOLETTI, 1980; MUEHE, 2007). As ondas transmitem energia e, com isso, realizam a maior parte do modelado das zonas litorâneas (CHRISTOFOLETTI, 1980; GUERRA, A.; GUERRA, ANTÔNIO, 2003).

Estas ondas se formam nos oceanos ou, sob certas condições, nos estuários, e se encaminham para os sítios mais rasos (praias e outros) gerando uma série de correntes capazes de movimentar grandes quantidades de sedimentos nos sentidos longitudinais e transversais à linha de costa. Esse movimento constitui um dos processos mais significativos de transporte de sedimentos ao longo das costas, comandando processos de erosão e acumulação na interface continente, oceano e fundo marinho ou estuarino, além de ser responsável por migrações laterais das desembocaduras fluviais e estuarinas (MUEHE, 2009; VILLWOCK et al., 2005).

3.1.3. Marés

As marés dizem respeito ao fluxo e refluxo periódico das águas do mar que, duas vezes por dia, sobem e descem alternadamente, e seu regime é um fator determinante da geomorfologia de áreas costeiras (GUERRA, A.; GUERRA, ANTÔNIO, 2003; VILLWOCK et al., 2005). Estas resultam da atração gravitacional exercida nas águas oceânicas pelo Sol e, principalmente, pela Lua, que exerce o dobro da força gravitacional do Sol por causa de sua maior proximidade com a Terra (LIMA; TOURINHO; COSTA,

2001; ROSSETTI, 2008; SOUZA et al., 2005; SUMMERFIELD, 1991; THE OPEN UNIVERSITY, 1989).

Elas exercem influências na direção da correnteza, na intensidade da sedimentação, na qualidade da água, no transporte de sementes e na oscilação do nível das inundações. (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001). A velocidade das marés é maior nos oceanos abertos e menor nos oceanos rasos, pois a velocidade de propagação depende da profundidade da água e por isso, nos canais de maré estuarinos, mais fundos e estreitos a velocidade das correntes de maré é superior aos demais (THE OPEN UNIVERSITY, 1989).

A amplitude da maré, isto é, a diferença de altura entre a preamar e a baixa-mar, representa um importante elemento na definição da intensidade dos processos costeiros em função da velocidade das correntes associadas além de determinar a extensão da zona intertidal (SUMMERFIELD, 1991). Estas, denominadas correntes de maré, podem ter capacidade de moldar a morfologia da plataforma continental interna, gerando bancos de grande mobilidade, ou condicionar a morfologia dos cordões litorâneos e a manutenção de canais (MUEHE, 2009).

Os movimentos e posições da Terra, Lua e Sol produzem maré semidiurnas ao longo da costa, com duas subidas e descidas de maré em vinte e quatro horas, e ocasionam a alteração nas marés, como a de quadratura, com a produção da maré morta, e nas de sizígias, no qual o efeito é aditivo, o que causa as marés de grande envergadura, que são as mais altas marés para cada trecho do zona costeira (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001; SUGUIO, 1998; SUMMERFIELD, 1991; THE OPEN UNIVERSITY, 1989). Dependendo da influência destes astros, ocorre uma variação nos tipos de maré, com a presença da micromaré, que apresenta uma envergadura de até dois metros; a mesomaré, com uma variação que vai de dois a quatro metros; e a macromaré que possui uma envergadura superior a quatro metros (ROSSETTI, 2008; SUMMERFIELD, 1991). É nos momentos de descida e parada das marés que se processa com maior intensidade a deposição de sedimentos nos sítios inundáveis e no leito dos rios, enseadas, baías e na costa (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001).

3.1.4. Correntes costeiras

A importância geomorfológica das correntes diz respeito ao seu papel de transportar sedimentos e de erodir, em especial quando a velocidade do fluxo é alta como o ocorrido em estuários que tem marés semidiurnas com alto intervalo. As correntes costeiras estão associadas com a ação das ondas ao longo da costa (SUMMERFIELD, 1991). Esta dinâmica gera um sistema de circulação que pode ser dividido em quatro partes, que são o transporte de massa de água costa-adentro, os fluxos de retorno costa-afora, o movimento ao longo da costa das cabeças das correntes de retorno e as correntes de deriva litorânea (CERC, 1977).

A deriva litorânea ou corrente longitudinal é gerada pelas ondas e é a mais importante corrente costeira, pois é a principal agente de movimentação, retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da linha de costa, e é também a principal responsável pelas migrações laterais das desembocaduras fluviais e estuarinas (SOUZA et al, 2005; SUGUIO, 2010). Este processo é resultante do ângulo de incidência das ondas sobre o litoral, isto é, do ângulo formado entre a crista da onda, da arrebentação, e da linha de praia. (GUERRA, A.; GUERRA, ANTÔNIO, 2003; SOUZA et al, 2005). O transporte longitudinal de sedimentos em decorrência da obliquidade de incidência das ondas leva à modificação do perfil em planta de uma praia, com erosão em uma das extremidades do arco praial e acumulação na outra (MUEHE, 2009).

3.1.5 Tectônica

A crosta terrestre é formada por várias placas litosféricas rígidas que se movem umas em direção às outras, por lentas correntes de convecção presentes na astenosfera (SUGUIO, 1998). A tectônica diz respeito à essa movimentação das placas tectônicas, por efeitos das forças endógenas (GUERRA, A.; GUERRA, ANTÔNIO, 2003; SUERTEGARAY et al., 2008). Os limites das placas são locais de intensa atividade tectônica (orogênese, sismos), a exemplo do que ocorre na porção ocidental da América do Sul, onde se formou a cordilheira dos Andes. A costa brasileira, por sua vez, situa-se no meio de uma placa tectônica (Sul-americana), o que explica a sua relativa quietude tectônica ao longo do Cenozóico, registrando-se apenas deformações de causa epirogenética (AB'SÁBER, 2005). Os movimentos tectônicos causam o aparecimento de dobras, falhas, fraturas, depressões, dentre outras feições estruturais, influenciam o modelado costeiro, além de determinar o tipo de costa (do tipo “atlântica” ou “pacífica”) e a sua orientação quanto à exposição às ondas e correntes (CHRISTOFOLETTI, 1980;

GUERRA, A.; GUERRA, ANTÔNIO, 2003; SUERTEGARAY et al., 2008; VILLWOCK et al., 2005).

3.1.6 Litologia

A litologia é o estudo científico da origem das rochas e suas transformações. As rochas são formadas por um conjunto de minerais ou apenas um mineral consolidado, e quando afloram à superfície apresentam diferenciações que são ligadas a vários fatores como a sua origem, composição química, estrutura, e as respostas que apresenta em face do ataque das intempéries climáticas e da ação dos seres vivos ao longo do tempo geológico (GUERRA, A.; GUERRA, ANTÔNIO, 2003). As rochas interessam ao estudo geomorfológico na medida em que são elementos que permitem analisar como a litologia participa da formação de unidades de relevo, especialmente pelo modo como eles (as rochas) reagem aos vários tipos de intemperismo (decomposição) (SUMMERFIELD, 1991). Nas costas, as rochas mais resistentes ou mais antigas formam tipos de relevo destacados em relação aos sítios de acumulação de sedimentos, a exemplo dos tabuleiros e dos morros.

3.1.7. Descarga fluvial

A descarga fluvial é o volume de água que passa por uma seção do rio em uma unidade de tempo (GUERRA, A.; GUERRA, ANTÔNIO, 2003). Estas descargas são importantes na dinâmica costeira, pois lançam sedimentos e influenciam na composição das águas estuarinas, além de transportarem os materiais intemperizados das áreas mais elevadas e interiores para as mais baixas, e dos continentes para o mar (CHRISTOFOLETTI, 1980; LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001). A deposição dessa carga detrítica ocorre quando há a diminuição da capacidade fluvial, que pode ser causada pela redução da declividade e do volume de água ou pelo aumento da carga detrítica. Entre as várias formas que são originadas pela deposição fluvial se destacam as planícies e os baixios (CHRISTOFOLETTI, 1980).

3.1.8. Mudanças morfológicas costeiras

Os processos costeiros de erosão, transporte e deposição levam a constantes modificações na morfologia e na configuração das áreas costeiras, e são determinados por fatores hidrológicos, meteorológicos e geológicos (CHRISTOFOLETTI, 1980; LIMA;

TOURINHO; COSTA, 2001; LIMA, 1979; MUEHE, 2007; WILLWOCK et al., 2005). Mudanças morfológicas costeiras consistem, assim, em um conjunto de transformações pelo avanço ou recuo da linha de vegetação, formação, migração e desaparecimento de cordões e bancos arenosos, erosão de falésias, e alteração de desembocaduras e canais. Essas mudanças são controladas pela ação interativa das marés, ondas e ventos, que causa erosão, transporte e sedimentação, de acordo com a configuração e orientação da costa, com os tipos de materiais que constituem os substratos costeiros, com a vegetação e com a presença de desembocaduras, refletindo uma resposta integrada do comportamento da costa aos processos e agentes dinâmicos (SOUZA FILHO, 2000).

Os fatores oceanográficos/hidrológicos envolvem, especificamente, a ação de ondas e marés, assim como das correntes geradas por cada um desses agentes. Os fatores climáticos têm maior influência na variação do nível do mar, na escala de centenas a milhões de anos, e na atuação dos ventos e das chuvas provocando mudanças temporais mais rápidas. Dentre os vários fatores geológicos atuantes nas áreas costeiras, os de maior importância são os processos sedimentares responsáveis pelos ganhos (deposição) e perdas (erosão) de material. Por fim, existem os fatores antrópicos, que compreendem as interferências do homem no meio biofísico, modificando de diversas maneiras os demais fatores (CHRISTOFOLETTI, 1980; SOUZA et al, 2005).

Dentre as mudanças morfológicas costeiras, destacam-se as que ocorrem na linha de costa, com transformações que podem ser observadas por meio dos sensores orbitais e monitoradas com pesquisas e mapeamentos. A linha de costa é definida como uma faixa de contato que limita as águas oceânicas das terras emersas, identificado pelo limite das falésias, pela linha limítrofe da vegetação permanente (restinga, mangue etc.), pelos cordões de praia e pela linha da preamar. A linha de costa se caracteriza pela instabilidade resultante de modificações por efeitos naturais e/ou antrópicos (MUEHE, 2009), e essas mudanças podem ocorrer com variações no tempo e na frequência (SUMMERFIELD, 1991).

3.2. FORMAÇÃO DOS ESTUÁRIOS REGIONAIS

Entender o que é um estuário é fundamental para a discussão da fisiografia costeira da área de estudo. Os estuários atuais no estado do Pará são ambientes de idade geológica muito recente (cerca de cinco mil anos ou menos, sendo, portanto, de idade holocênica).

Correspondem a ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde rios encontram o mar, resultando na diluição mensurável da água salgada (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002), constituindo um corpo d'água costeiro semifechado, influenciado pelas marés o que produz um determinado gradiente de salinidade (VILLWOCK et al, 2005). Os estuários são caracterizados pelos fatores hidrodinâmicos, ou seja, pelas marés, descargas fluviais, circulação estuarina, ondas e pelas forçantes atmosféricas (PERILLO, 1996).

Os estuários do Litoral Amazônico Equatorial, dentre eles o do rio Pará, foram formados pela influência associada de fatores tectônicos e eustáticos, além da reumidificação do clima regional, com a subida do nível relativo do mar ao final da última glaciação do Pleistoceno, acerca de 11 mil anos A.P. (AB'SÁBER, 2005; PINHEIRO, 1987)

Antes dessa fase, a linha de costa avançou para a plataforma continental, e o nível geral dos oceanos permaneceu em até menos de 100 metros do seu nível médio atual. Houve uma reinserção de todos os rios do baixo e do Médio Amazonas, assim como os que desaguavam na costa, criando canais fundos, porém estreitos. Em contraposição, quando houve a transgressão Flandriana (ou Santos, ou ainda Santista, conforme proposição de SUGUIO (2003, 2010), para as flutuações glácioeustáticas na costa brasileira), as águas atingiram até 3,5 m acima do nível atual e afogou os canais formando estuários e rias, de diversas ordens de grandeza por todo o Golfão Marajoara e Litoral Atlântico (AB'SÁBER, 2000, 2004, 2005; MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002; SUGUIO, 2003, 2010).

Os fenômenos de subida do nível do mar alcançaram o ápice durante o Holoceno Inferior, cerca de 7 mil anos A.P. (SOUZA FILHO, 1995), e ocasionaram afogamentos generalizados das desembocaduras fluviais (AB'SABER, 2005; BARBOSA; RENNÓ; FRANCO, 1974). A reumidificação do clima, por sua vez, foi responsável pelo aumento das descargas fluviais, influenciando diretamente a constituição físico-química das águas em virtude do maior aporte de água doce e de sedimentos lamosos ao longo do litoral amazônico (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001; SOUZA FILHO, 1995). Após uma fase de mar estável no Holoceno Médio, nos últimos dois milênios a costa regional voltou a apresentar um padrão típico de submersão que se caracteriza por apresentar sistemas de ilhas barreiras/lagunas (SOUZA FILHO, 1995; SUGUIO, 2010).

3.3. COMPARTIMENTAÇÃO MORFOESTRUTURAL

A área de estudo é constituída pelas seguintes Unidades Morfoestruturais, conforme mapeamento realizado pelo Radambrasil: o Planalto Rebaixado da Amazônia, a Planície Amazônica e o Litoral de Rias¹ ou de Reentrâncias Pará-Maranhão (BARBOSA; RENNÓ; FRANCO, 1974; BARBOSA; PINTO, 1973; SOUZA FILHO et al., 2005).

O Planalto Rebaixado da Amazônia é constituído por sedimentos miocênicos da Formação Barreiras e pleistocênicos a holocênicos da cobertura Pós-Barreiras, sendo integrado por relevos de terraços e de tabuleiros rebaixados e/ou aplainados de pouca altitude, alcançando na zona costeira entre 5 e cerca de 30 m de altitude. Esta unidade morfoestrutural, em relação a área de estudo, diz respeito ao prolongamento das terras baixas amazônicas, ou terras firmes, em direção ao litoral (BARBOSA; PINTO, 1973). Apresenta solos do tipo latossolo amarelo e argissolo em sua maior extensão, formados a partir de sedimentos detríticos e terrígenos neogênicos (AB'SÁBER, 2004).

A Formação Barreiras (Mioceno Médio ao Plioceno) é composta de depósitos siliciclásticos variados e não fossilíferos (conglomerados, arenitos e argilitos), sobrepostos à Formação Pirabas e em parte interdigitada a esta. Estudos realizados na região Bragantina enfatizam e revelaram uma variedade de feições sedimentares atribuídas a processos marinhos e fluviomarinhos. Apresenta uma variedade de tipos litológicos que vão dos argilitos aos conglomerados. As camadas exibem estratificações laminadas ou maciças, com predomínio de arenitos finos a siltitos, bem estratificados, nas cores vermelho, amarelo, branco e roxo, com camadas de arenito grosso e conglomerático, geralmente com estratificação cruzada, intercaladas. Há ainda a presença de camadas laterizadas. Possui uma espessura com cerca de 5 a 10 m. Seu depósito é proveniente de canais e planícies de maré (ISSLER et al., 1974; ROSSETTI, 2001; ROSSETTI; GÓES, 2004; SUGUIO, 2010).

Os Sedimentos Pós-Barreiras (Plio-Pleistoceno ao presente) são todos os depósitos sedimentares que se sobrepõem, em descontinuidade, à Formação Barreiras. São areias inconsolidadas a semiconsolidadas, e estão presentes no nordeste do Pará e litoral do Maranhão. Incorporam pelo menos dois diferentes episódios de sedimentação, referenciados informalmente de Sedimentos Pós-Barreiras I e II (ROSSETTI; GÓES,

¹ O uso do termo “rias” de acordo com Barbosa e Pinto (1973) é inadequado porque, apesar de ser formado por várias reentrâncias, nestas áreas ocorre a ausência de nítidos interflúvios, haja vista que essas reentrâncias resultaram da evolução de depósitos lamosos e, portanto, formam uma costa predominantemente baixa.

2004). Os Sedimentos Pós-Barreiras I estão diretamente sobre a discordância erosiva do topo dos depósitos miocênicos, formando um pacote de até 10 m de espessura, consistindo predominantemente de areias de coloração vermelho-clara a alaranjada, friáveis a endurecidas, maciças, bioturbadas, de seleção moderada a boa, granulometrias em geral finas a médias, podendo ser localmente grossas a conglomeráticas. Estes depósitos são recobertos, em discordância erosiva, pelos Sedimentos Pós-Barreiras II, compostos por areias de espessuras médias em torno de 2 a 5 m, colorações tipicamente amarela clara a amarela dourada e marrom, bem selecionadas, granulometrias finas a médias, em geral maciças, porém podendo mostrar estruturas de dissipação de dunas eólicas.

A Planície Amazônica é formada, segundo Barbosa, Rennó e Franco (1974) e IBGE (1990), por sítios de acumulação de sedimentos holocênicos, principalmente lamosos e arenosos, e se caracteriza por apresentar áreas alagadas e inundáveis, lagos e diversos canais. Na área do Golfão Marajoara é comum a ocorrência de canais sob influências de marés, o que confere um caráter estuarino ao ambiente (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001). Esta planície subdivide-se em áreas de influência fluvial (planície aluvial) e em planície costeira (flúviomarinha), que recebe influência tanto de processos fluviais quanto marinhos (BARBOSA; RENNÓ; FRANCO, 1974).

A planície costeira inclui um vasto conjunto de terras inundáveis que, de acordo com os índices de salinidade das águas, encontram-se recobertas por formações vegetais de planície aluvial sob influência de maré ou planície de maré lamosa (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN-MOLERO, 1995). As cotas altimétricas das planícies dentro do Golfão Marajoara são inferiores aos 5 m, marcando os limites máximos aproximados das marés de sizígia. A Planície Amazônica corresponde aos terrenos mais baixos, sujeitos a inundações pelas águas das marés, rios, chuvas e suas combinações (BASTOS, 1996; IBGE, 1990; PROST; RABELO, 1996; SOUZA FILHO, 1995).

O Litoral de Rias ou das Reentrâncias Pará-Maranhão (SOUZA FILHO et al., 2005) diz respeito à faixa de sedimentos holocênicos que, acompanhada de ilhas, baías e canais, acompanha a linha de costa de direção geral NW-SE (BARBOSA; PINTO, 1973). Nas porções mais externas predominam os sedimentos arenosos, enquanto os lamosos se depositam nos sítios de águas mais calmas dos estuários ou do reverso da faixa de praias e dunas. Nesta planície costeira, a maior parte do litoral é coberta pelos mangues, formando um cinturão quase contínuo que chega a adentrar mais de 30 km ao longo do baixo curso

dos rios que deságuam na costa, em função da penetração da cunha salina no período de estiagem, a exemplo do que ocorre no Mojuim. A cobertura vegetal é diversificada e acompanha as variações topográficas e hidrológicas (AB'SÁBER, 2005; MUEHE, 2009).

3.4. MACROCENÁRIO COSTEIRO E FÍSIOGRÁFICO REGIONAL

A zona costeira paraense é denominado por Ab'Sáber (2005) de Litoral Equatorial Amazônico, que se estende, no Brasil, da foz do rio Oiapoque, na divisa do Amapá com a Guiana Francesa, até o limite oriental da baía de São José, no Maranhão. Esta zona costeira é dividida, de acordo com sua fisiografia, em dois setores: o Golfão Marajoara e o Litoral das Reentrâncias, separados pela Ponta Taipu, na desembocadura da baía de Marajó (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2003).

Esta zona costeira se caracteriza por estar sob a influência de uma plataforma continental interna, com cerca de 160 km a 180 km (MUEHE, 2009), que proporciona o desenvolvimento de um ambiente de alta energia, dominado por meso a macromarés semidiurnas que levam as águas marinhas a adentrar por vários quilômetros no estuário, com amplitude máxima de 3,5 metros no porto de Belém a 5,3 metros na ilha dos Guarás, nas marés de sizígia (DHN, 2012). As ventos apresentam a velocidade com cerca de 0,65 m/s (FRANZINELLI, 1982), com ondas de até 2 metros de altura geradas pelos alísios do NE, com correntes de baixamar de SW para NE, com velocidade 6,0 nós, e correntes de preamar de NE para SW, com velocidade de 4,2 nós, na ponta de Espadarte (DHN, 1962), estes são os fatores responsáveis pelo transporte de sedimentos.

O clima equatorial quente e úmido, com uma temperatura máxima de 33°C e mínima de 24°C (SIPAM, 2012), apresenta o período de menor pluviosidade de julho a dezembro e o chuvoso se estende de janeiro a junho, com uma pluviosidade de 2.843 mm (Município de Vigia). A umidade relativa do ar fica em torno de 80% (ANA, 2012).

A distribuição regular das chuvas e os suprimentos pelíticos oriundos dos rios que atingem a linha de costa, são condições hidrodinâmicas que influenciam na sedimentação e, portanto, na dinâmica desta área costeira.

Este controle é realizado pelas oscilações da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), pelas ações dos alísios e pelos *doldrums* (baixas pressões equatoriais), com o regime pluviométrico e a sazonalidade sendo ditados pela massa Equatorial continental

(Ec) (SANT'ANNA NETO; NERY, 2005). O rumo da costa paraense à NW tem como consequência o trânsito de sedimentos e de sementes que por lá circulam. Estes ficam menos expostos ao arraste pela corrente equatorial e ali permanecem ao sabor das marés, circulando pelos estuários, formando novas barras arenosas. As formações vegetais são diretamente influenciadas pelo tipo de maré, seja a salina ou a dinâmica.

Dessa forma, verifica-se ação morfoclimática típica das regiões tropicais úmidas, haja vista que a morfogênese regional é controlada por intemperismo químico generalizado e por fenômenos de erosão e sedimentação em canais, com geração de volumosa quantidade de materiais, principalmente lamas, que vão aluvionar nas várzeas e nos sítios de transição fluvial e marinha da costa (BARBOSA; PINTO, 1973; BARBOSA; RENNÓ; FRANCO, 1974; BARBOSA, 2007).

O setor ocidental do Município de São Caetano de Odivelas situa-se no Golfão Marajoara, e sua parte oriental no Litoral de Rias ou de Reentrâncias.

O primeiro setor, o Golfão Marajoara, é caracterizado por um complexo deltaico-estuarino que se formou nas desembocaduras dos rios Amazonas e Pará-Tocantins, sendo uma área de costa predominantemente baixa e muito instável, submetida à ação de processos fluviais e marinhos, ainda que os primeiros sejam predominantes na hidrodinâmica costeira, conduzindo também a baixos índices de salinidade das águas. O Golfão é dominado por um regime de meso a macromarés, cuja amplitude das sizíguas alcança valores máximos de 3,0 metros porto de Vila do Conde, 3,5 metros no porto de Belém e 4,0 metros na ilha de Mosqueiro (DHN, 2012).

A amplitude de maré, diferença entre a preamar e a baixa-mar, é um importante elemento na definição da intensidade dos processos costeiros em função da velocidade das correntes associadas (MUEHE, 2009). A onda de maré entra de forma profunda nos estuários produzindo, nos períodos de sizígia, correntes de cerca de 200 cm/s no rio Guamá (PINHEIRO, 1987). A plataforma continental interna é bastante ampla com cerca de 160 km, com uma morfologia de fundo que se caracteriza por bancos, fundos altos, dunas hidráulicas e canais (MUEHE, 2009).

A análise batimétrica e sedimentológica do Golfão Marajoara, elaborada por Corrêa (2005), mostra uma morfologia suave e com presença de canais, na qual se observa uma

sedimentação fina, formada por silte grosso a silte mais fino, oriundos do aporte da rede fluvial (rio Pará) que abastece este estuário, com presença, em algumas áreas, de sedimentos argilosos. Estes sedimentos caracterizam a fácies lamosa que apresenta uma seleção de pobre a muito pobre, na qual os sedimentos são depositados por decantação, o que caracteriza esta área como de baixa energia durante a estofa de maré.

No período da vazante, de junho a dezembro, a salinidade varia de 33% a 35%, com ventos predominantes de direção SE, com uma velocidade que fica entre 2,5 m/s a 5,2 m/s. No período da enchente, de janeiro a maio, a salinidade cai para 12% a 20%, na qual predominam os ventos de NE, com velocidade média superior aos da vazante com cerca de 5,2 m/s a 7,7 m/s (DIEGUES, 1973). Na área de estudo, a presença da energia das correntes de maré causa a mistura entre as águas doces e salgadas, esta última oriunda do Oceano Atlântico, e também a suspensão, transporte e deposição dos sedimentos, além da formação de canais e bancos (CORRÊA, 2005).

De acordo com indicações de Barbosa (2007), a baía de Marajó, localizada na parte oriental do Golfão Marajoara, é um estuário primário dominado por correntes fluviais, ao estilo dos *tidal rivers* descritos por Wells (1996). Nesse tipo de estuário, os sedimentos aluviais são resultado de volumosas descargas fluviais (vazantes), e são retrabalhados por marés e, de modo menos efetivo, por ondas (BARBOSA, 2007). Com base na Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2006), na altura da foz do rio Barreta há uma profundidade de dez metros a partir de uma distância de 8 quilômetros, e na ponta de Taipu, a profundidade de dez metros, situa-se mais próximo da costa, com uma distância de 6,5 quilômetros.

Na área do Golfão Marajoara ocorre o predomínio da vegetação aluvial (várzea e igapó), com espécies típicas da planície fluvial, pois são as marés que comandam o regime de inundação dessas áreas, como reflexo dos elevados índices pluviométricos regionais e da presença de vastas bacias hidrográficas no interior (Amazonas, Tocantins, Guamá-Capim e Acará-Moju). Nos sítios de maior influência da maré salina, como nos municípios de Soure, Vigia, Colares e São Caetano de Odívalas, todos eles situados na porção média ou superior do domínio da baía de Marajó, devido à maior salinidade predomina a vegetação de mangue (BARBOSA, 2007; LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001).

O segundo setor, o Litoral de Reentrâncias Pará-Maranhão, é marcado pela sucessão de pequenos estuários, o que faz com que a costa seja muito recortada. Macromarés semidiurnas ocorrem ao longo de todo o litoral, com uma amplitude que vai de 4,7 a 5,3 na ilha dos Guarás, nas marés de sizígia (DHN, 2012). As marés semidiurnas possuem uma velocidade maior que as do tipo misto ou diurnas, o que causa um curto intervalo de tempo entre a maré alta e a maré baixa. O tipo de maré e a sua amplitude tem importância geomórfica, pois é essencial para determinar o intervalo intertidal e, portanto, o tempo disponível para a praia secar após a maré alta, o que importa para as atividades biológicas e para a ocorrência do intemperismo (SUMMERFIELD, 1991), e deslocamento das areias pelo vento.

Além de que, nos estuários, uma grande amplitude de maré leva as águas salgadas a adentrar vários metros, inundando as áreas adjacentes ao estuário, no qual, no caso de manguezais, irão receber a maré salina e os nutrientes, elementos essenciais para um bom desenvolvimento deste ecossistema, haja vista que quanto maior a amplitude de maré, maior será o manguezal (AUGUSTINUS, 1995). A plataforma continental interna é muito larga, com cerca de 180 km.

De acordo com Prost e Rabelo (1996), esta zona costeira é submetida a uma forte amplitude de marés, a importantes processos hidrodinâmicos e eólicos, e à elevação dos índices de salinidade das águas, comparando-se com a foz do Amazonas e com a baía de Marajó que apresentam uma menor salinidade. Nesta zona costeira encontram-se estuários dominados por marés, que atuam muitos quilômetros para o interior da costa e são os principais fatores de controle hidrodinâmico (MELLO; MOCHEL, 200-?).

Nesta área, o maior acidente geográfico é o estuário conjunto dos rios Mojuim e Mocajuba. Com base em Prost et al., (2001), a morfologia deste estuário é caracterizada, em planta, por uma geometria em forma de funil, com alta vazão, largura/profundidade, onde os canais de maré tem baixa sinuosidade. Esta é uma feição típica de canal fluvial afogado por transgressão marinha, conforme já exposto para a formação dos estuários regionais. Tanto o Mojuim quanto o Mocajuba são, de acordo com o padrão costeiro regional, dominados em suas porções superiores e médias por marés semidiurnas.

A profundidade registrada a uma distância de 11,5 quilômetros da ilha Taipu é de dez metros, sendo que esta área é protegida da ação mais efetiva das ondas por várias barras arenosas presentes a frente da ilha Taipu (DHN, 2006).

No estuário do Mojuim-Mocajuba os valores de salinidade obtidos em época úmida, encontram-se em torno de 4‰ no topo dos sedimentos da várzea, aumentando em época de estiagem para 60‰ na foz do estuário, quando há tendência à hipersalinidade, provavelmente associada às menores descargas fluviais e à maior taxa de evaporação no período menos chuvoso. O alcance da maré salina para o interior é de 18 km no período chuvoso e 35 km no período da estiagem (PROST et al., 2001). Estes fatores revelam uma estreita relação com a formação da cobertura de mangue (BERRÊDO et al., 2000).

No Litoral de Reentrâncias ocorre o predomínio da vegetação de mangue, espécie própria da planície de maré lamosa (SOUZA FILHO et al., 2005). Dois fatores inter-relacionados contribuem para esse cenário: a redução dos índices pluviométricos à medida que se caminha para leste, e a menor extensão e descarga dos rios quando comparados aos que deságuam na baía de Marajó (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001). A cobertura de mangue chega a formar um cinturão quase contínuo, que adentra mais de 30 km ao longo do baixo e médio curso dos rios devido a maior influência da maré salina (GÓES FILHO et al., 1973). Nos setores mais internos passa a ocorrer o predomínio da vegetação de várzea e igapó, uma vez que vai diminuindo a influência da maré salina (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001).

4. UNIDADES DE RELEVO DA PORÇÃO NORTE DO MUNICÍPIO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS

O mapeamento das unidades de relevo da porção norte do Município de São Caetano de Odivelas está pautado na classificação taxonômica de Ross (1992, 2003a, 2003b, 2009), que faz uma proposta com seis níveis taxonômicos, com base na proposição metodológica de Demek e Mescherikov e pelo projeto Radambrasil.

Nesta taxonomia as formas geomórficas são classificadas de acordo com um determinado nível de detalhamento na qual se analisa o relevo. A primeira classificação começa pelo padrão de formas grandes de relevo, o 1º Táxon, as unidades morfoestruturais são as que possuem as maiores extensões, e que guardam características genéticas, de idade e de macromorfologia, com escala de 1:500.000 (ver quadro 1). Em seguida, as unidades morfoesculturais, que correspondem ao 2º táxon e estão contidas em cada unidade morfoestrutural. São produtos morfológicos de influência climática atual e pretéfica, com escala que vai de 1:500.000 a 1:100.000. O 3º táxon, unidades morfológicas ou unidades de padrões de formas semelhantes ou ainda unidades de tipos de relevo, que são conjunto de formas menores do relevo, com formas de erosão (denudacionais) e de acumulação (agradacionais). A escala sugerida neste nível é de 1:100.000 até 1:50.000 (quadro 1). O 4º Táxon, unidade conjunto de formas semelhantes, refere-se a formas individualizadas dentro das unidades morfológicas e com escala correspondente a 1:25.000 até 1:10.000. O 5º Táxon responde por elementos ou partes de cada uma das formas de relevo identificadas e individualizadas em cada conjunto de formas semelhantes, como os tipos de vertentes convexas, côncavas, retilíneas e planas, com escala de 1:10.000 a 1:5.000; e o sexto táxon que são as formas menores de relevo produzidas pelos processos atuais, ou que são geradas pela ação antrópica, como sulcos, ravinas, assoreamentos, cortes e aterros, com escala de até 1:5.000 (PROST², 2010; ROSS, 1992, 2003a, 2003b, 2009).

Segundo Prost,² a questão das escalas espaço-temporais em Geomorfologia é fundamental, pois influi na classificação lógica dos fatos estudados, orienta a escolha da metodologia da pesquisa e ressalta as relações entre a Geomorfologia e as ciências afins. Além disso, esta autora ressalta que a crescente disponibilidade dos dados de

² PROST, M. T. R. Informação verbal proferida durante aula no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da UFPA, na disciplina “Teoria e Método em Geografia”, segundo semestre de 2010.

sensoriamento remoto e técnicas de geoinformação podem facilitar a tarefa, mas é fundamental o conhecimento teórico da área temática, associado aos trabalhos de campo e de laboratório, sem o qual as interpretações podem ser inconsistentes ou erradas.

Quadro 1: Classificação Taxonômica de Ross.

ROSS (1992, 2003a, 2003b, 2009)			PROST (2010)²; GUERRA; MARÇAL (2010)
1º Táxon	Unidade morfoestrutural	Padrão de formas grande do relevo.	1:500.000
2º Táxon	Unidade morfoescultural	Estão contidas em cada unidade morfoestrutural	1:500.000 a 1:100.000
3º Táxon	Unidade de tipos de relevo, unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes.	São as formas de erosão (denuncionais) e de acumulação (agradacionais)	1:100.000 a 1:50.000
4º Táxon	Unidade conjunto de formas Semelhantes	Formas individualizadas dentro das unidades morfológicas	1:25.000 a 1:10.000
5º Táxon	Unidade de dimensão de formas	Corresponde ao tamanho médio dos interflúvios.	1:10.000 a 1:5.000
6º Táxon	Formas lineares do relevo	Corresponde a formas menores produzidas pelos processos atuais ou pela ação antrópica.	1:5.000

Fonte: adaptado de Ross (1992, 2003a, 2003b; 2009), Prost (2010)² e Guerra; Marçal (2010).

Org. a autora.

Está-se adotando para este trabalho, conforme Barbosa e Pinto (1973), a denominação Unidades Morfoestruturais, que segundo explicam estes autores diz respeito à própria compartimentação do relevo pela correspondência entre a estrutura geológica e o conjunto de formas geradas como produto de fenômenos erosivos ao longo do tempo. As

das unidades menores, aqui classificadas de acordo Ross (1992, 2003a, 2003b, 2009) é a Unidade de Modelado, que este autor também chama de Conjuntos de Formas Semelhantes ou Unidades Morfológicas, além das Unidades Conjuntos de Formas Semelhantes que estão inseridas dentro das Unidades Morfológicas.

Na porção norte do Município de São Caetano de Odivelas foram identificadas, conforme discutido anteriormente, três Unidades Morfoestruturais, que são o Planalto Rebaixado da Amazônia, a Planície Amazônica e Litoral de Reentrâncias (BARBOSA; PINTO, 1973; BARBOSA; RENNÓ; FRANCO, 1974).

Assim, dentro das unidades morfoestruturais se encontram as unidades de relevo ou morfológicas, que se definem como conjuntos ou tipos de formas com especificidades em sua configuração espacial, natureza dos depósitos sedimentares, a gênese, as características topográficas e altitudes, posição inferida em relação ao regime de inundação e cobertura vegetal. Uma mesma unidade de relevo pode estar presente em distintas unidades morfoestruturais, como se observa no quadro 3. Inseridas nas unidades morfológicas encontram-se o conjunto de formas semelhantes, estes se referem a cada uma das formas individualizadas dentro das unidades morfológicas. Para uma melhor compreensão sobre as unidades de relevo identificadas nesta pesquisa, foi elaborado o mapa destas unidades de relevo (mapa 2).

As unidades de relevo identificadas e caracterizadas no município estudado somam um total de 191,78 km², e são as seguintes unidades: tabuleiros e baixos platôs, planícies lamosas de maré, bancos lamosos de intermaré, cordões arenosos subatuais, planícies aluviais, planícies aluviais com espécies de *Avicennia sp.*, planícies aluviais com vegetação de campos e barras arenosas (observar o mapa 2).

Quadro 2 – Compartimentação Morfológica da Porção Norte do Município de São Caetano de Odivelas, Pará

Unidade Morfoestruturais 1º Táxon	Unidades Morfológicas 3º Táxon	Unidades Conjunto de Formas Semelhantes 4º Táxon	Configuração espacial	Depósitos superficiais e cronologia Relativa	Processos dinâmicos	Topografia e altimetria	Regime de inundação	Vegetação
Planalto Rebaixado da Amazônia	Tabuleiros		Situam-se no centro da área de estudo, como blocos de “terra firme” descontínuos ou como bordas de planaltos interiores que avançam para a costa. Apresentam contornos indentados evidenciando erosão pelas águas.	Substrato areno-argiloso (sequência Formação Barreiras – Sedimentos Pós-Barreiras).	Dissecação fluvial.	Suavemente ondulado. 6 a 30 m	Sem inundação	Campo cerrado e vegetação secundária.
	Baixos Platôs	Falésias			Erosão pluvial e pela ação de ondas e correntes de maré.	Topografia suavemente ondulado . 5 a 6 m		
Planície Amazônica	Planícies lamosas de maré		Sítios paralelos à linha de costa, e ao longo do baixo curso dos rios.	Sedimentos holocênicos (Lamas fluidas – siltes e argilas).	Deposição de lamas por efeito das marés	Topografia plana. 2 a 5 m	Intermaré. Ocorre o fluxo e refluxo duas vezes ao dia.	Vegetação de mangue
	Bancos lamosos de intermaré		Paralelos à linha de costa, direcionando-se para o fundo dos canais estuarinos.			Topografia plana 0 a 2 m		
	Planícies aluviais		Sítios estreitos no fundo de vales. Podem aparecer na sequência das planícies lamosas de maré e das planícies aluviais com vegetação de campos.	Sedimentos holocênicos (siltes, argilas, areias e cascalhos).	Deposição pela ação dos rios.	Topografia plana. Acima de 6 m. Acompanha caimento para jusante.	Acima do nível das marés. Regime de inundação fluvial.	Vegetação aluvial (várzea igapó).
	Planícies aluviais com vegetação de campos		Sítios estreitos do fundo de vales. Posicionam-se no interior da área de estudo,	Sedimentos holocênicos (sobretudo	Deposição por efeito fluvial e	Topografia plana. 4 a 10 m	Acima do nível das marés. Recebe	Vegetação aluvial (herbácea e

continua

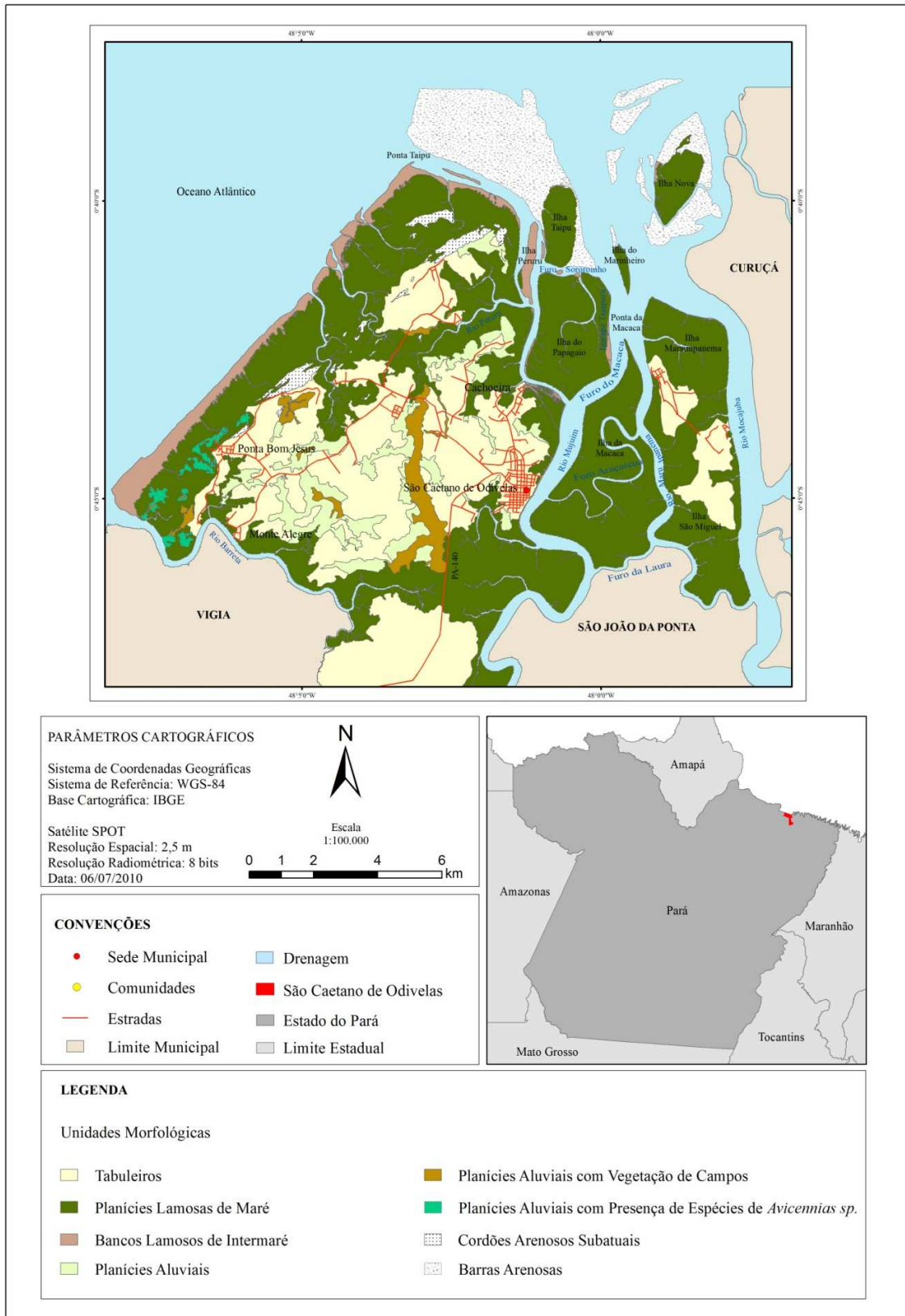
Quadro 2 – Compartimentação Morfológica da Porção Norte do Município de São Caetano de Odivelas, Pará

								Continuação
			na sequência das planícies lamosas de maré e das planícies aluviais.	Areia e argilas).	pluvial.		águas pluviais e e inundações fluviais.	arbusativa).
	Planícies aluviais com presença de espécies de <i>Avicennia sp.</i>		Sítios no interior da área de estudo de geometria variada. Situam-se na transição entre sítios com influência de marés.	Sedimentos holocênicos (sobretudo silte e areia)	Deposição por efeito da ação fluvial e pluvial.	Topografia plana. 5 a 6 m	Acima do nível das marés. Recebe a influência das águas fluviais, pluviais e subterrânea.	Vegetação aluvial (várzea), com presença de espécies de <i>Avicennia sp.</i>
	Cordões arenosos subatuais		Flechas dispostas no sentido da atual linha de costa. Situam-se no interior das planícies lamosas de maré e entre estas e o tabuleiro.	Sedimentos holocênicos (areias)	Substrato arenoso.	Topografia plana. 6 a 12 m	Acima do nível de inundação. Com influência do lençol freático.	Campo equatorial higrófilo ou campo misto, com espécies herbáceas.
Litoral de Reentrâncias	Baixos Platôs		Sítios no interior da ilha São Miguel	Substrato areno-argiloso	Dissecação fluvial.	Suavemente ondulado. 5 a 6 m	Sem inundação	Vegetação secundária.
	Planícies lamosas de maré		Sítios paralelos à linha de costa e ao longo das áreas das ilhas	Sedimentos holocênicos (Lamas fluidas–siltes e argilas).	Deposição de lamas por efeito das marés.	Topografia plana. 2 a 5 m	Intermaré. Ocorre o fluxo e refluxo duas vezes ao dia.	Mangue
	Bancos lamosos de intermaré		Paralelos à linha de costa e margeando as áreas das ilhas.			Suavemente ondulado. 0 a 2 m	Intermaré. Exposição na maré baixa.	Vegetação pioneira de mangue ou aluvial.
	Barras arenosas		Depósitos alongados no sentido das desembocaduras dos estuários.	Sedimentos holocênicos (areias)	Deposição e retrabalhamento sedimentar por correntes.	Topografia plana. 0 a 2 m	Inter e inframaré.	Sem vegetação

Fonte: Barbosa, Rennó e Franco (1974); Ross (1992, 2003a, 2003b, 2009).

Org. a autora.

Mapa 2: Distribuição das Unidades Morfológicas da Porção Norte do Município de São Caetano de Odivelas (PA)



Fonte: IBGE, SEMA

4.1 UNIDADES MORFOLÓGICAS TABULEIROS E BAIXOS PLATÔS

Estas Unidades Morfológicas, na porção norte do Município de São Caetano de Odivelas, perfazem um total de 52,7 km², o que corresponde a 27,4% da área estudada. Estas unidades de relevos medem cerca de 4,86 km de comprimento por 4,00 km de largura, situam-se no centro desta área de estudo, na forma de blocos isolados ou bordas de planaltos interiores que avançam para a costa, além de possuir contornos indentedos evidenciando erosão pelas águas. Possui um substrato areno-argiloso, da Formação Barreiras e de Sedimentos Pós-Barreiras, desde o mioceno ao Plio-Pleistoceno (ROSSETI; TRUCKENBRODT; GOÉS, 1989). Estes tabuleiros formaram-se a partir da dissecação de uma superfície pediplanada elaborada sob condições de clima mais seco que o atual, com aplainamento generalizado que atuou sobre o topo da Formação Barreiras (Mioceno) e gerou a maior parte dos Sedimentos Pós-Barreiras (Plio-Pleistoceno) (ROSSETI; GOÉS, 2004).

O mosaico de solos apresenta como principal tipo o Latossolo Amarelo, que deriva da pedogenização de sedimentos areno-argilosos do Terciário e do Quaternário sob condições de clima úmido. São solos muito laterizados e lixiviados, o que lhes confere um caráter distrófico (pouco férteis) (IBGE, 1990).

Possuem um posicionamento acima do nível de inundação, e são drenados pelos rios Barreta, Peruru e o Mojuim, além de canais de maré. Apresenta um relevo suave ondulado, na qual a altimetria vai de 5 a 30 metros, sendo que os baixos platôs vão de 5 a 6 metros, portanto, configuram um posicionamento altimétrico mais elevado e por isso, abriga sítios de nascentes de igarapés.

A sua cobertura vegetal é a floresta secundária que deriva da devastação ocorrida com a floresta ombrófila densa, portanto, é resultante das ações de desmatamento e queimada, por isso, é bastante diferenciada em sua fisionomia, e incluem tanto trechos de mata, que indicam estágios mais avançados de regeneração, quanto estratos herbáceos, arbustivos, cipós lenhosos, arbustos, lianas, ervas, estipes e epífitas. Entre as espécies encontradas em campo estão o bacuri (*Platonia insignis*) (árvore), o piquiar (*Caryocar villosum*) (árvore) (SCHWARTZ, 2007). Dentre as lianas está o cipó-de-fogo (*Davilla rugosa* Poir), o cipó-açu (*Evodianthus funnifer* f. *funifer* (Point.) Lind), o cipó titica (*Heteropsis jenmanii* Oliv.) e o cipó imbé (*Philodendron imbe* Schott) (OLIVEIRA; POTIGUARA; LOBATO, 2006).

Figuras 7, 8, 9 e 10: na figura 7 vê-se a área de baixos platôs desmatada com a “capoeira” se instalando e ao fundo a presença da planície lamosa de maré; a 8 mostra a área de tabuleiro sendo usado para a pecuária, às margens da PA-140. Data da foto: 06/07/2011; na 9 o tabuleiro com a vegetação secundária; e a figura 10 mostra a área de tabuleiro sendo usada para o reflorestamento. Data da foto: 06/07/2011

7



Fonte: a autora
9

8



Fonte: a autora
10



Fonte: a autora



Fonte: a autora

Inseridas nas áreas de tabuleiros encontram-se áreas de cerrado, estas contam com 0,83 km², ou 0,50% da área de estudo. São encontradas sob a forma de “ilhas” isoladas entre as áreas de vegetação secundária e as de mangue, em trechos descontínuos sobre as superfícies de tabuleiros, apresentando um solo arenoso (ver figuras nº 11, 12, 13 e 14, p.46).

Esta vegetação apresenta sinais evidentes de devastação, mas, apesar disto, observa-se uma vegetação com fisionomia característica típica de savana, com árvores baixas e espaçadas entre si, esgalhadas e tortuosas, com vegetação herbácea.

Figuras 11, 12, 13 e 14: estas figuras mostram áreas de tabuleiros coberto com a vegetação de cerrado, sendo que ambas evidenciam sinais de devastação; na 11 observa-se a presença da caraná e algumas características da vegetação de cerrado como árvores de pequeno porte e tortuosas, além da presença de gramíneas. Data da foto: 06/07/2011; na 12 por trás do cerrado há a presença da vegetação secundária; a 13 e a 14 mostra que esta vegetação foi queimada, esta é uma prática regular praticada pela população local para a limpeza da área e posterior instalação de pasto para o gado.

11

12



13 Fonte: a autora



14 Fonte: a autora



Fonte: a autora



Fonte: a autora

Em observações de campo identificaram-se algumas espécies como a *Mauritia flexuosa*, que é uma palmácea, popularmente chamada de caraná (MEDEIROS, 2011), a

palmeira inajá, *Attalea maripa*, *Anacardium occidentale* L. ou caju-do-campo e *Aristida palens*, capim barba de bode (IBGE, 1990).

No sítio urbano de São Caetano de Odivelas identifica-se um setor constituído de falésia (figura nº 15 e 16), esta se constitui no 4º Táxon, inserida nas áreas dos baixos platôs. Esta é uma escarpa costeira abrupta não coberta por vegetação, produzida por meio da ação erosiva das ondas sobre as rochas (SUERTEGARAY, 2008; GUERRA, A.; GUERRA, A. T., 2003; SUGUIO, 1998). Nesta área de estudo a falésia se posiciona entre a orla urbana e a margem esquerda do rio Mojuim, com alturas entre 6 e 4 metros, com ocorrência de fenômenos de erosão, com ataque por ondas, solapamento das margens e retração local da linha de costa. O recuo das falésias é comprovado por material laterítico residual de arenito ferruginoso (Grês do Pará) (MOURA, 1943), da Formação Barreiras, exposto na orla da cidade.

Figuras 15 e 16: Falésias erodidas pelas correntes de maré na orla do sítio urbano, à margem esquerda do rio Mojuim. Observar a presença do Grês-do-Pará. Data da foto: 14/01/2012.

15



Fonte: a autora

16



Fonte: a autora

4.2 UNIDADES MORFOLÓGICAS PLANÍCIES LAMOSAS DE MARÉ

As planícies lamosas de maré contam com a maior presença nesta área de estudo, perfazendo 95,9 km², que corresponde a 50,1% da área total estudada e com comprimentos que variam de 8,89 km a 2,26 km de largura. Estas planícies segundo Reineck e Singh (1980), são unidades morfológicas que se formam ao longo de costas de declive suave,

recortadas e dominadas por maré, em estuários ou em costas abertas. Este tipo de relevo desenvolve-se em áreas protegidas das ações efetivas das ondas (SUGUIO, 1998).

Esta unidade de relevo constitui áreas pantanosas ou lamacentas, de baixo gradiente, cobertas pelas águas durante as marés enchentes e descobertas nas marés vazantes, recebendo, também, um aporte de água doce proveniente dos rios e da drenagem subterrânea (AB'SÁBER, 2005; PROST et al., 2001; SUGUIO, 1998). Nestes sítios, a diminuição da força das correntes de maré, ocasionada pelo tipo de raiz do mangue, favorece a deposição de sedimentos de granulometria fina a muito fina, isto é, siltes, argilas e areias finas (ALMEIDA, 1996).

Esta unidade de relevo se posiciona como sítios paralelos à linha de costa, ao longo do baixo curso dos rios ou de localização insular. É constituída por sedimentos finos como areia fina, silte e argila holocênicos, são originários, portanto, da deposição de lamas por efeito da ação das marés. Possui solos característicos, os chamados solos indiscriminados de mangue que são de deposição recente, gleizados, muito mal drenados, pouco profundos, com alto conteúdo de sais provenientes da água do mar, e de compostos de enxofre resultante das interações físico-químicas entre fatores bióticos e abióticos (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001; IBGE, 1990). Os sedimentos dessas áreas possuem coloração cinza-esverdeada, com restos de raízes decompostas, manchas de coloração cinza-escura e concentrações castanho-avermelhadas nas zonas oxidadas (BERREDO; SALES; COSTA, 2000).

Possui uma topografia plana, na qual sua altimetria vai de 2 a 5 metros, situa-se na zona de intermaré, com ocorrência de fluxo e refluxo duas vezes ao dia. A sua vegetação característica é o mangue, que é uma vegetação de caráter fluviomarinho que se desenvolve em áreas protegidas da ação efetiva das ondas, e algumas áreas, como das ilhas, são protegidas por bancos arenosos dos altos níveis de energia.

As espécies típicas do mangue possuem um sistema radicular próprio, com raízes que brotam dos galhos, do substrato, ou mantêm-se suspensas, servindo para ancorar e fixar o tronco ao solo lodoso (MARQUES DA SILVA; CARVALHO; MELLO, 1997). As raízes contribuem para reter sedimentos e reduzir a velocidade das correntes quando ocorre a inundação do manguezal pela maré enchente, o que revela a importância geomorfológica da vegetação de mangue em relação à dinâmica das planícies lamosas de maré (PROST; RABELO, 1996; PROST et al., 2001).

Figuras 17, 18, 19 e 20: na 17, a planície lamosa de maré com a vegetação de mangue, em destaque a *Laguncularia sp.* e por trás espécies de *Avicennia sp.*; a 18 mostra a presença deste relevo em ambas as margens do rio Barreta, na qual a esquerda tem o predomínio da *Rhizophora sp.* e na margem direita a presença da *Avicennia sp.*; a 19 mostra o rio Peruru na maré baixa, coberta com a vegetação de mangue e mostrando o predomínio da *Rhizophora sp.*, e a 20 tem a frente a *Rhizophora sp.* e por trás a *Avicennia sp.*

17



Fonte: a autora

18



Fonte: a autora

19



Fonte: a autora

20



Fonte: a autora

A vegetação de mangue do município estudado possui uma baixa diversidade florística, do tipo arbóreo, com alturas que variam entre 10 a 30 metros, e de acordo com Luz et al., (2000), Luz (2001), e Berrêdo, Sales e Costa, (2000), dentre as espécies que ocorrem nesta área estão a *Rhizophora mangle* L., mangue verdadeiro (árvore); *Avicennia schaweriana* Staff&leech, mangue-preto ou siriúba (árvore); *Avicennia germinians* L, mangue-preto ou siriúba (árvore); e *Laguncularia racemosa* Gaertn, mangue branco ou

tinteira (árvore); *Spartina alterniflora*, gramínea e *Acrostichum aureum*, (samambaia açu), vegetação de pequeno porte.

4.3 UNIDADES MORFOLÓGICAS BANCOS LAMOSOS DE INTERMARÉ

Estas Unidades Morfológicas contam com 7,3 km², o que contabiliza 3,8% da área total de estudo, com larguras variáveis chegando a medir cerca de 8,50 km de comprimento por 0,333 km de largura.

Posicionam-se de forma paralela a linha de costa da porção oeste à Ponta de Taipu, adentrando as margens dos canais estuarinos e na porção à leste, como se observa na figura nº 21, na ilha Peruru, margeando as ilhas. Possuem um substrato formado por lamas fluídas inconsolidadas de idade holocênica. Estes bancos lamosos ocorrem com a concentração de sedimentos finos (silte e argila) que se encontram em suspensão nas águas, carreados pelos rios e depositados nos setores mais planos e por isso propícios à acumulação dessas áreas de intermaré, portanto, a sua origem ocorre por deposição de lamas por efeito das marés. Seu relevo é ligeiramente inclinado, com uma altitude que vai de 0 a 2 metros.

Estes relevos ficam expostos apenas durante a maré baixa e neste período são submetidos a condições de luminosidade e temperaturas diferentes das que ocorrem durante as marés altas, o que favorece a instalação das algas e dos micro-organismos, estes irão constituir as bases tróficas de novos ecossistemas (PROST; MENDES, 2011).

São sítios originalmente progradantes como se observa na ilha Peruru (ver mapa nº 2, p. 43), no qual o banco lamoso se prolonga, no sentido de vazante, em aparente processo de expansão.

Estes sítios são propícios à instalação da vegetação pioneira de mangue, devido a presença de sedimentos finos, na qual é colonizada, no primeiro momento, por *Spartina sp.*, que aos poucos vai retendo sedimentos pelíticos e criando condições para a posterior instalação de outras espécies típicas do mangue como a *Avicennia sp.* e a *Laguncularia sp.* e/ou espécies típicas de várzea.

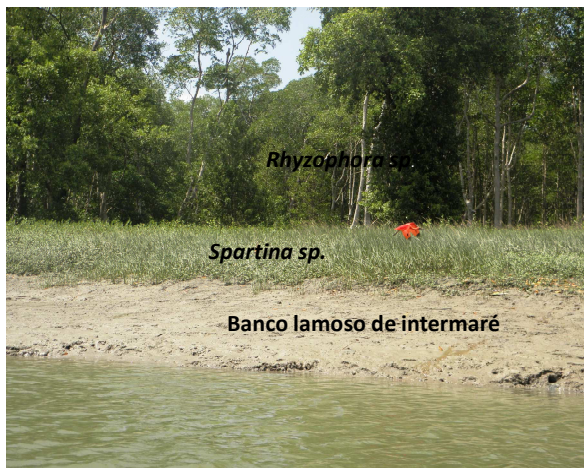
Figuras 21, 22, 23 e 24: a 21 mostra o banco lamoso de intermaré na ilha Peruru, exposto na maré baixa, a fauna, como a gaivota (*Larus atlanticus*) aproveita para alimentar-se de micro-organismos que se instalam progressivamente. Observar ao fundo, a planície lamosa de maré. Data da foto: 14/01/2012; a 22 mostra este relevo na ilha da Macaca, com a *Spartina sp.* e a *Rhizophora sp.* por trás; a 23, na comunidade da Cachoeira, vê-se este relevo e por trás a presença do mangue em regeneração; e na figura 24, a ilha Taipu com o banco lamoso de intermaré, e a instalação da *Spartina sp.* e da *Rhizophora sp.*, observar a presença do guará (*Eudocimus ruber*), também alimentando-se dos micro-organismos.

21



Fonte: a autora

22



Fonte: a autora

23



Fonte: a autora

24



Fonte: a autora

4.4 UNIDADES MORFOLÓGICAS CORDÕES ARENOSOS SUBATUAIS

Estas unidades de relevo medem 2,2 km², o que chega a 1,2% da área estudada. Posicionam-se em formato de flechas dispostas no sentido da atual linha de costa e chegam a medir de 1, 86 km de comprimento por 0,51 km de largura. São formadas por um substrato arenoso e, podem ser casos de cheniers ou praias, dunas e/ou barras pré-atuais holocênicas, ou podem ser indícios de uma antiga linha de costa. Ocupam as áreas mais

elevadas da planície amazônica, portanto, situam-se acima do nível das marés. Possuem a topografia plana, com uma altimetria de 6 a 12 metros com presença de solo arenoso.

Figuras 25, 26, 27 e 28: estas figuras mostram o cordão arenoso subatual, com sua vegetação composta por espécies de campo misto com espécies herbáceas e mostrando a presença de duna vegetada e do solo arenoso; nas figuras 25 e 27 há a presença, ao fundo, da planície lamosa de maré. Data da foto: 06/07/2011.

25



Fonte: a autora
27

26



Fonte: a autora
28



Fonte: a autora



Fonte: a autora

Sua vegetação é composta pelo campo equatorial higrófilo ou campo misto, com extratos herbáceos e espécies arbóreas e arbustivas esparsas sobre o tapete graminoso além de apresentar dunas vegetadas (ver figura nº 25). As dunas são constituídas por depósitos eólicos sem ou com vegetação. As vegetadas são estabilizadas, cobertas por uma formação arbustiva de pequeno porte. Dentre as espécies observadas em campo estão o *Chrysobalanus icaco* L., ajirú (arbusto); a erva *Sporobolus pogens*, capim-da-praia, que forma um denso tapete graminoso; *Anacardium occidentale* L. cajueiro

(árvore); *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth., muruci-do-mato (árvore); a *Mauritia flexuosa*, que é uma palmácea, popularmente chamada de caraná; e a *Mauritiella armata*, canaranã que também é uma palmácea (GIARRIZZO; MENEZEZ, 2000).

4.5 UNIDADES MORFOLÓGICAS PLANÍCIES ALUVIAIS

As planícies aluviais contam, neste município, com 10,7 km², o que totaliza 5,6% da área de estudo e somam 1,98 km de comprimento por 0,61 km de largura. Estas áreas se caracterizam por seu posicionamento fisiográfico, no interior da área de estudo, próximo das áreas de planície alluvial com vegetação de campos e à montante dos trechos de canal sob influência de maré, haja vista que na medida em que diminui a influência da água salobra e aumenta o gradiente topográfico, passa a ocorrer o predomínio da água doce, o que ocasiona uma substituição da planície lamosa de maré pela planície aluvial. É originária da deposição por efeito da ação dos rios.

De acordo com Barbosa (2007), a drenagem destas planícies é realizada por cursos d'água fluviais, embora em alguns trechos dos estuários ocorra influência de marés que, no entanto, não influenciam decisivamente na vegetação. É comum que este relevo seja influenciado pelas cheias dos rios e pela água das chuvas, que atuam também na elevação do lençol freático e no encharcamento dos solos, e estes são caracterizados como hidromórficos e gleizados, desenvolvidos em sedimentos argilo-siltosos holocênicos (JAPIASSÚ; GÓES FILHO, 1974; IBGE, 1991; LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001; AMARAL et al., 2007).

Possui uma topografia plana, acima de 6 metros. A sua cobertura vegetal apresenta-se como complexa e bastante diversificada, densa, com cobertura uniforme. As espécies são adaptadas a condições de excesso de água por vários meses e são ricas em palmeiras (figuras nº 29 e 30, p. 54), por estratos intermediários e lianas lenhosas, herbáceas e grande número de epífitas (IBGE, 1991). É coberto pela floresta ombrófila densa aluvial, e dentre as espécies presentes neste município destacam-se o açazeiro, *Euterpe oleracea* Mart., e o buritizeiro, *Mauritia flexuosa* L.F., que são palmeiras que se concentram nos trechos de sedimentos mais inconsolidados. Nas partes mais consolidadas e de altimetria mais elevada da planície aparecem árvores mais altas como a andiroba, *Carapa guianensis* Aubl. (árvore), a sumaúma, o bacuri (*Platonia insignis*) (árvore), *Ceiba pentandra* (L.) Gaerth. (árvore), e a palmeira inajá, *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. (JARDIM et al., 2011).

Figuras 29, 30, 31 e 32: A planície aluvial apresenta uma vegetação típica que recebe a influência da água doce. Podem posicionar-se as margens de canais fluviais, como nas figuras nº 31 e 32 ou próximo a estes. A vegetação aluvial é adaptada ao solo hidromórfico, e é rica em palmeiras, com o predomínio do açai (*Euterpe oleracea* Mart.). Data da foto: 06/07/2011.

29



Fonte: a autora

30



Fonte: a autora

31



Fonte: a autora

32



Fonte: a autora

4.6 UNIDADES MORFOLÓGICAS PLANÍCIE ALUVIAL COM PRESENÇA DE ESPÉCIES DE *AVICENNIA* SP.

Este tipo de relevo, neste município, constitui em uma área com apenas 1,1 km², o que corresponde a 0,5% desta área de estudo. Chegam a medir de 0,79 km de comprimento por 0,21 km de largura. Localizam-se no interior da área de estudo com uma configuração espacial diversificada, pois se situam na área de transição entre as planícies lamosas de maré, à noroeste deste município, na qual se instalam espécies típicas da vegetação de várzea como o açai e o bambu, com a presença de velhas árvores de *Avicennia* sp., além de moitas de

Achroscopicum aureum (samambaia açu), e nas bordas próximas às drenagens, observa-se algumas espécies de *Laguncularia sp.*

Prost e Loubry (2000) identificaram, no Município de Marapanim, velhas árvores de *Avicennia germinans* em um ambiente de várzea, à montante da cunha salina, as quais concluíram que estas espécies antigas são indicadoras de condições ambientais pretéritas diferentes das atuais. Estas autoras ressaltam que a análise da estrutura das espécies de mangues é capaz de fornecer indicações pertinentes sobre as respostas das árvores as modificações ambientais no tempo e no espaço. A presença de formas senescentes de uma única espécie pode vir a ser indicadora de uma mudança drástica de condições ambientais (LOUBRY; PROST, 2001).

Mendes (2005) ressalta que a substituição gradual da vegetação do mangue pela várzea, ocorre em resposta à dessalinização do meio, a maior influência fluvial e as modificações sedimentológicas decorrentes de maior percentual de silte e areia na constituição dos sedimentos. Então ocorre, em um primeiro momento, a mudança na constituição dos sedimentos e conseqüentemente, na morfologia da área, para em seguida, ocorrer a instalação de novas espécies adequadas ao tipo de sedimentos e da topografia, haja vista que quando a salinidade se aproxima de zero, devido uma maior influência fluvial, o substrato começa a ficar mais silte-arenoso e as espécies de várzea passam a se instalar, porém, as espécies típicas de um ambiente pretérito continuam como, neste caso, a *Avicennia sp.* (PROST; MENDES, 2011). Além da presença da *Achroscopicum aureum* que é uma indicadora de perturbação na circulação hídrica, da modificação sedimentar com maior presença de silte e areia e de baixa salinidade do meio (PROST et al., 2001; PROST; LOUBRY, 2000).

Dessa forma, infere-se que esta área pode ter sido, em um ambiente pretérito, constituído uma planície lamosa de maré, que após a ocorrência de modificação na constituição físico-química da água, com maior participação da água doce, e uma mudança no substrato sedimentar com maior presença do silte e de areia e uma maior altimetria, esta área passou a constituir uma planície aluvial com espécies típicas de várzea, com a conservação de velhas árvores de *Avicennia sp.*, de alguns exemplares da *Laguncularia sp.* e da instalação da *Achroscopicum aureum*, deixando os vestígios de um ambiente pretérito, provavelmente outrora dominado por espécies de mangue.

Figuras 33, 34, 35 e 36: Árvores de *Avicennia sp.*, inseridas em ambiente de várzea são indicadoras de condições ambientais pretéritas. Nesta figura observa-se, além da *Avicennia sp.*, muitas de samambaia Açú (*Achrosticum aureum*), açaí (*Euterpe oleracea*), o bambu ou taboca (*Bambusa vulgaris*) e vegetação herbácea. A presença da *Achrosticum aureum* (samambaia açú), é indicadora da ocorrência de uma modificação sedimentar com maior influência de silte e areia fina, que se desenvolve em áreas mais elevadas.

33



Fonte: a autora

34



Fonte: a autora

35



Fonte: a autora

36



Fonte: a autora

Este relevo situa-se na transição entre sítios com influência de marés, possui um substrato de idade holocênica, com presença de silte e areia. São originadas da deposição de sedimentos por efeito da ação fluvial e pluvial. Apresentam solos de deposição recente, mal drenados, fortemente ácidos, pouco profundos e de textura pesada dominante (VIEIRA; OLIVEIRA; BASTOS, 1971).

Apresentam uma topografia plana que varia de 5 a 6 metros, com presença de uma vegetação aluvial (várzea), intercaladas com espécies senescentes de *Avicennia sp.* Estas

áreas têm como característica principal receber a influência maior dos processos fluviais que são controlados pelo aporte de água doce, e não os marinhos, sendo que estes são os fatores que influenciam no tipo de cobertura vegetal desta unidade de relevo, e levam esta unidade, a ter uma vegetação com predomínio de espécies de várzea como o açáí (*Euterpe oleracea*) e o bambu ou taboca (*Bambusa vulgaris*) (OLIVEIRA; POTIGUARA; LOBATO, 2006).

4.7 UNIDADES MORFOLÓGICAS PLANÍCIES ALUVIAIS COM VEGETAÇÃO DE CAMPOS

Estes relevos perfazem 4,4 km², o que corresponde a 2,3% da área estudada e medem de comprimento 4,62 km por 0,50 km de largura. Localizam-se em forma de sítios estreitos do fundo de vales, no interior da área de estudo, em contato com as áreas de tabuleiros e da planície aluvial, algumas áreas posicionam-se na sequência das planícies lamosas de maré. Sua origem é desconhecida, mas podem ocupar áreas de canais, furos ou estuários colmatados.

Esta unidade de relevo recebe influência da água doce e passa uma parte do ano alagada (período chuvoso) (ver figuras nº 38 e 40, p. 58), possui um substrato argiloso, que diz respeito a terrenos recentes, de origem holocênica. Neste se desenvolve em um solo hidromórfico, argiloso, que se apresenta inadequado ao estabelecimento da vegetação arbórea, formando-se, portanto, extensos campos que são ideais para o desenvolvimento de pastagens (ver figuras nº37 e 39, p. 58) (IBGE, 1991). Sua dinâmica está ligada ao ciclo hidrológico dos rios e da água da chuva, que por sua vez sofre as variações climáticas sazonais, com estações bem marcadas, uma chuvosa e outra seca (SENNA; SARMENTO, 1996).

Possui uma topografia plana que vai de 4 a 10 metros. Estas áreas, como não recebem influência direta da maré podem ter suas cotas altimétricas ligeiramente mais elevadas que as da planície de maré lamosas. Este fato denuncia um controle topográfico na influência da água salobra, decisiva na formação dos mangues, mas que não exerce influência sobre as áreas dos campos. Nesta área de estudo esta unidade de relevo está coberta com a vegetação de espécies de vegetação aluvial (herbácea e arbustiva). Dentre as espécies observadas estão *Eleocharis imberstincta* R. Br. junco, o junco-popoca, *Eleocharis geniculata*, *Eichornia* sp., aguapé (erva) e a taboquinha, *Panicum zizanioides* (BASTOS; SANTOS, 2011).

Figuras 37, 38, 39 e 40: A planície aluvial com vegetação de campos tem um solo hidromórfico que não é adequado para a vegetação arbórea, mas sim para a vegetação herbácea, o que é muito bom para a exploração da pecuária. Esta planície passa parte do ano alagada, durante o período chuvoso. Ao fundo das Figuras 37 e 39: observa-se a vegetação de mangue ao fundo, típica da planície lamosa de maré e nas 38 e 40, vê-se por trás a planície aluvial. Data da foto: 14/01/2012.

37



Fonte: a autora
39

38



Fonte: a autora
40



Fonte: a autora



Fonte: a autora

4.8 UNIDADES MORFOLÓGICAS BARRAS ARENOSAS

Estas unidades de relevo, nesta área de estudo, contam com 17,3 km² o que constitui 9,1% da área de estudo e chegam a medir 5,76 km de comprimento por 2,40 km de largura. São formadas por detritos carregados pelos cursos d'água e depositados na foz dos rios (GUERRA, J. ; GUERRA, ANTÔNIO, 2003).

As barras ou cristas arenosas constituem-se em porções de areias, que ficam totalmente ou parcialmente submersos por ocasião da maré baixa, estas são acumuladas pela ação das ondas e/ou correntes costeiras em leitos fluviais ou em entradas de estuários, pois estas formações são características de costa de submersão, nos quais os baixos cursos fluviais são afogados e dão origens aos estuários (SUGUIO, 1998).

Figuras 41, 42, 43 e 44: estas planícies posicionam-se de forma alongada, e ficam parcialmente expostos na maré baixa, portanto, situa-se na zona de intermaré e inframaré. São formados por sedimentos arenosos e não apresentam vegetação e por isso, não constituem solo.

41



Fonte: a autora

42



Fonte: a autora

43



Fonte: a autora

44



Fonte: a autora

Estas barras arenosas causam uma proteção da ação direta das ondas, no interior dos estuários (LUZ et al., 2000). Além de que, dependendo da dinâmica local, estas barras arenosas podem passar a receber sedimentos pelíticos e vir a constituir ilhas com vegetação de espécies típicas de mangue, ou dependendo do seu posicionamento fisiográfico, pode causar a erosão da linha de costa, haja vista que ao se afastarem da linha de costa causam a formação

de um estreito canal o que leva a aumentar a velocidade das correntes de maré e ocasionar a erosão desta linha de costa.

Situam-se como depósitos alongados no sentido das desembocaduras dos estuários, e à norte das ilhas do Marinheiro (figuras nº 41 e 42, p. 59) e Taipu (figuras nº 43 e 44, p.59). Constituem áreas formadas por sedimentos holocênicos inconsolidados (areias), originados da deposição e retrabalhamento sedimentar por correntes de maré. Possuem uma topografia plana, que vai de 0 a 2 metros. Portanto, situam-se na zona de intermaré e inframaré, abaixo do nível das marés altas e ficam parcialmente expostas na maré baixa. Não apresentam espécies de vegetação, e, portanto, não constituem solos.

5 ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DINÂMICA COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS (PA)

5.1. MUDANÇAS NA LINHA DE COSTA: EXEMPLOS DA ZONA COSTEIRA PARAENSE

Vários autores ressaltam a importância de realizar trabalhos utilizando técnicas de sensoriamento remoto, como França e Souza filho (2002), Souza Filho (2000), Barradas (2008), Faure (2001), Luz (2001), Luz et al., (2000) e Prost et al., (2001), com o objetivo de conhecer melhor a dinâmica do funcionamento dos ambientes costeiros, o que poderá fornecer novos dados científicos úteis ao monitoramento e manejo dessas áreas.

França e Souza Filho (2002) mostraram as mudanças costeiras na margem leste da ilha de Marajó nos últimos 15 anos. Neste trecho situado na porção oriental do Golfão Marajoara, que corresponde ao estuário do rio Pará (baía de Marajó), a dinâmica costeira se caracteriza pelo predomínio dos processos retrogradacionais, com recuos da linha de costa expressos na erosão de planícies com manguezais e das falésias, e na formação de terraços de lama.

Souza Filho (2000), em seu estudo sobre a linha de costa de Bragança (PA), no Litoral de Reentrâncias do Pará-Maranhão, considerando um período de 23 anos, mostrou que esta costa se manteve de forma estável, sendo que apenas em setores restritos os processos erosionais foram mais acentuados, como às margens dos canais de maré.

Barradas (2008) trabalhou com a zona costeira de Soure (PA), em área que corresponde àquela estudada pelos autores supracitados. Esta área foi avaliada como retrogradacional, confirmando os resultados de França e Souza Filho (2002), pois em 38 anos houve um recuo máximo da linha de costa equivalente a 340 m² de perda de terreno. Tal dinâmica foi causada por processos fisiográficos, especialmente as ondas, os ventos e as correntes de maré.

Pela outra margem da baía de Marajó, Faure (2001) realizou um estudo multitemporal das áreas de manguezais em São Caetano de Odivelas (PA), que mostra o crescimento destes sítios no município. De acordo com o autor, a área de manguezais que em 1986 totalizava 120 km², teve um acréscimo de 8 km² nos nove anos de

monitoramento, pois em 1995 este ecossistema contabilizava 128 km². Assim como Barradas (2008) havia concluído para Soure, Faure (2001) afirma que o crescimento dos manguezais está ligado à atuação de processos fisiográficos, com destaque para os fatores costeiros, como as correntes de maré atuando no transporte e na deposição de sedimentos que posteriormente passam a ser colonizados pela vegetação de mangue.

Luz (2001), Luz et al., (2000) e Prost et al., (2001) pesquisaram a foz do rio Mojuim, também localizada em São Caetano de Odivelas (PA), porém integrando o Litoral de Reentrâncias do Pará-Maranhão. Estes trabalhos indicaram que em menos de vinte anos uma barra arenosa se transformou em uma ilha de origem sedimentar com manguezal (ilha Nova), o que mostra o resultado da dinâmica costeira pela interação entre os aspectos geomorfológicos, sedimentológicos e biológicos.

5.2. POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA ENTRE 1984, 1994 e 2008

Observa-se nas imagens fornecidas pelo sensor TM 5 dos satélites Landsat (ver figuras 45, 46 e 47, nas p. 63, 65 e 67), que a porção norte do Município de São Caetano de Odivelas apresenta dois compartimentos distintos, no qual o primeiro fica a oeste da Ponta de Taipu e o segundo compartimento a leste, ambos apresentam as suas linhas de costa formadas pelos limites externos dos manguezais.

O sensor TM da imagem Landsat de 1984 (figura 45) mostra os setores fisiográficos distintos do município de São Caetano de Odivelas (PA), no qual a linha de costa a oeste da Ponta de Taipu se apresenta de forma retilínea ao Golfão Marajoara, margeando a baía de Marajó, desde a foz do rio Barreta até a Ponta de Taipu. Neste trecho o manguezal é longitudinal à linha de costa, com uma largura de cerca de 2, 30 km, sendo interrompido por alguns canais de maré que se posicionam de forma perpendicular à linha de costa e chegam a medir 2 km de comprimento a partir da sua embocadura. Estes canais são responsáveis pelo fornecimento de sedimentos pelíticos e águas salobras a estas áreas, além de ter a vegetação de mangue instalado nas suas margens.

Este setor estudado apresenta áreas acrecionais cuja geometria mostra-se denteada ou recortada, haja vista que estão sendo colonizados pelo mangue adentrando a baía de Marajó, indícios de acreção desta área. Observa-se no setor submerso da imagem, nas porções mais rasas do estuário frontal à baía, que a tonalidade mostrada pela composição RGB de tom mais

A partir da ponta de Taipu, seguindo para leste, a linha de costa passa a apresentar contornos que acompanham os canais e ilhas da desembocadura do estuário conjunto Mojuim-Mocajuba. Este é um cenário típico do Litoral de Rias e Reentrâncias Pará-Maranhão, pois é formado por uma costa baixa e recortada, constituída por sedimentos holocênicos e com presença de diversas ilhas, baías e canais (BARBOSA; PINTO, 1973; SOUZA FILHO et al., 2005). Nesta desembocadura, os canais de maré são perpendiculares à linha de costa, e o manguezal acompanha as margens destes.

Pelos canais principais do estuário a planície lamosa de maré adentra por mais de 30 km, até cessar a influência das águas salinas, quando então passa há ocorrer o predomínio da planície aluvial que recebe pouca ou nenhuma influência da água salgada.

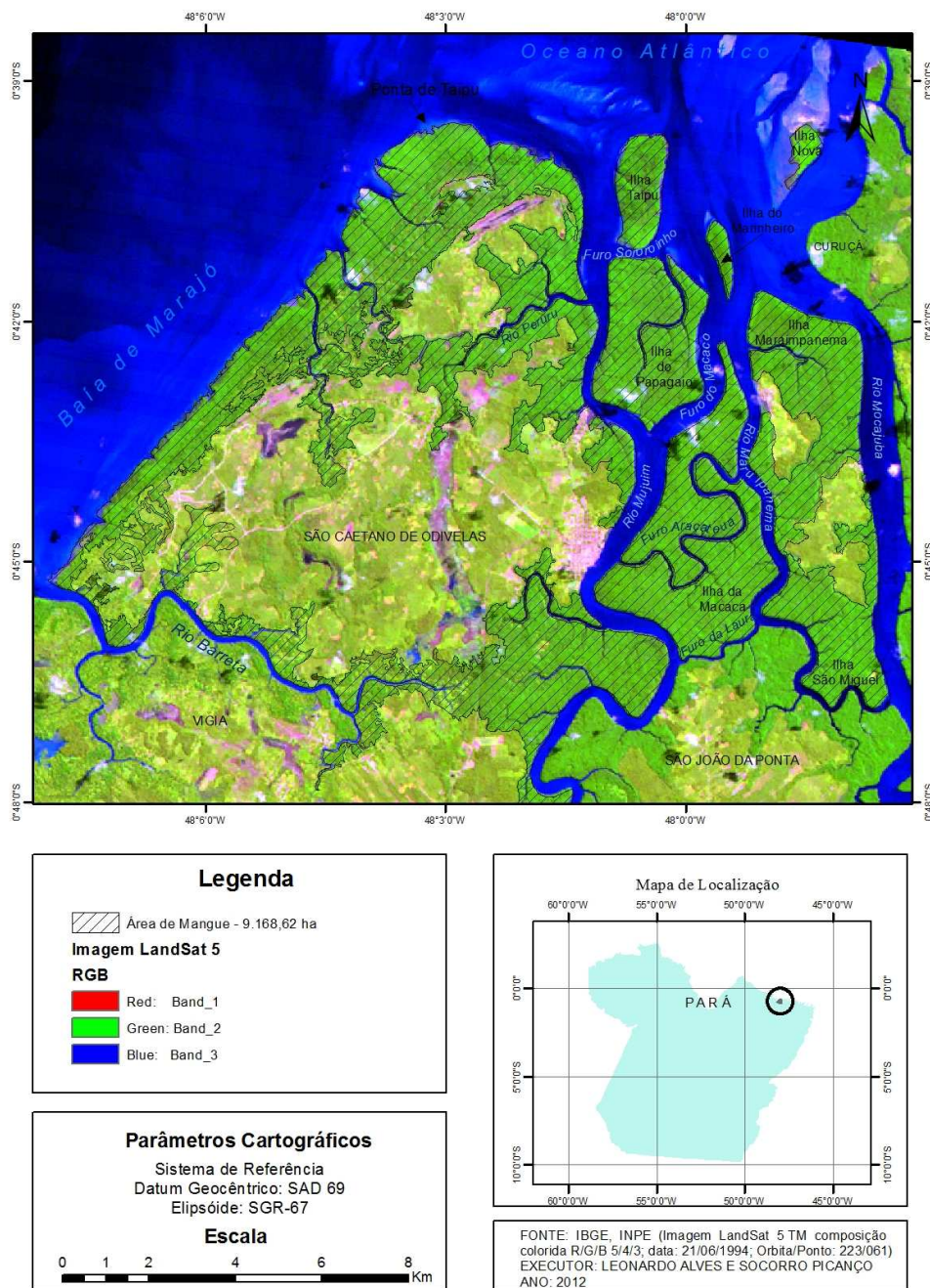
Esta parte da área de estudo, a partir da Ponta de Taipu a leste, conta com cinco ilhas: Taipu, Marinheiro, São Miguel, Macaca e Papagaio. Na qual a ilha Taipu responde por duas ilhas: além da Taipu, apresenta a ilha Centreira, a norte; a ilha São Miguel tem, a norte, a ilha Maraimpanema; e a ilha do Papagaio é constituída por três ilhas: a Natália, a Sardinha e a Macaca, separadas por furos de maré. Além de apresentar uma barra arenosa a nordeste.

Na imagem do sensor TM do satélite Landsat de 1994 (figura 46), nota-se, após um período de 10 anos, que na porção a oeste, a linha de costa frontal à baía de Marajó, formada pela vegetação de mangue, continua apresentando aspecto acrecional em direção ao mar, pois as pontas que havia em 1984, na altura da Ponta de Taipu, foram preenchidas pelo mangue, portanto, mostra que ocorreu uma acreção desta linha de costa em direção à baía.

Na porção a leste, a ilha Taipu, após dez anos, passou a constituir-se em uma única ilha. Na ilha da Macaca, ao norte, a ponta comprida e larga mostra estar um pouco estreita, a ilha do Papagaio ainda é constituída por três ilhas juntas, a ilha Natália, ilha da Sardinha e a ilha do Macaco, separadas pelo igarapé Tajapuru.

A ilha do Marinheiro apresenta um aspecto erosivo, pois entre 1984 e 1994, observou-se a diminuição da largura da ilha. A nordeste, onde observava-se uma barra arenosa em 1984, está constituída em uma ilha (ilha Nova), na qual nota-se a presença de mangue, cercada de barra arenosa com indícios de provável futura ampliação desta ilha. Na parte interna ao estuário do rio Mojuim, junto à Boca Peruru, observa-se uma barra arenosa, esta pode vir a constituir mais uma nova ilha.

Figura 46: Carta Imagem do Ano de 1994.



Fonte: INPE, IBGE

Na imagem fornecida pelo sensor TM do satélite Landsat de 2008 (figura 47), na parte oeste, a linha de costa formada pelo mangue mostra um aspecto erosivo, em especial próximo à ponta de Taipu, além de que na margem da Baía de Marajó, a resposta espectral da

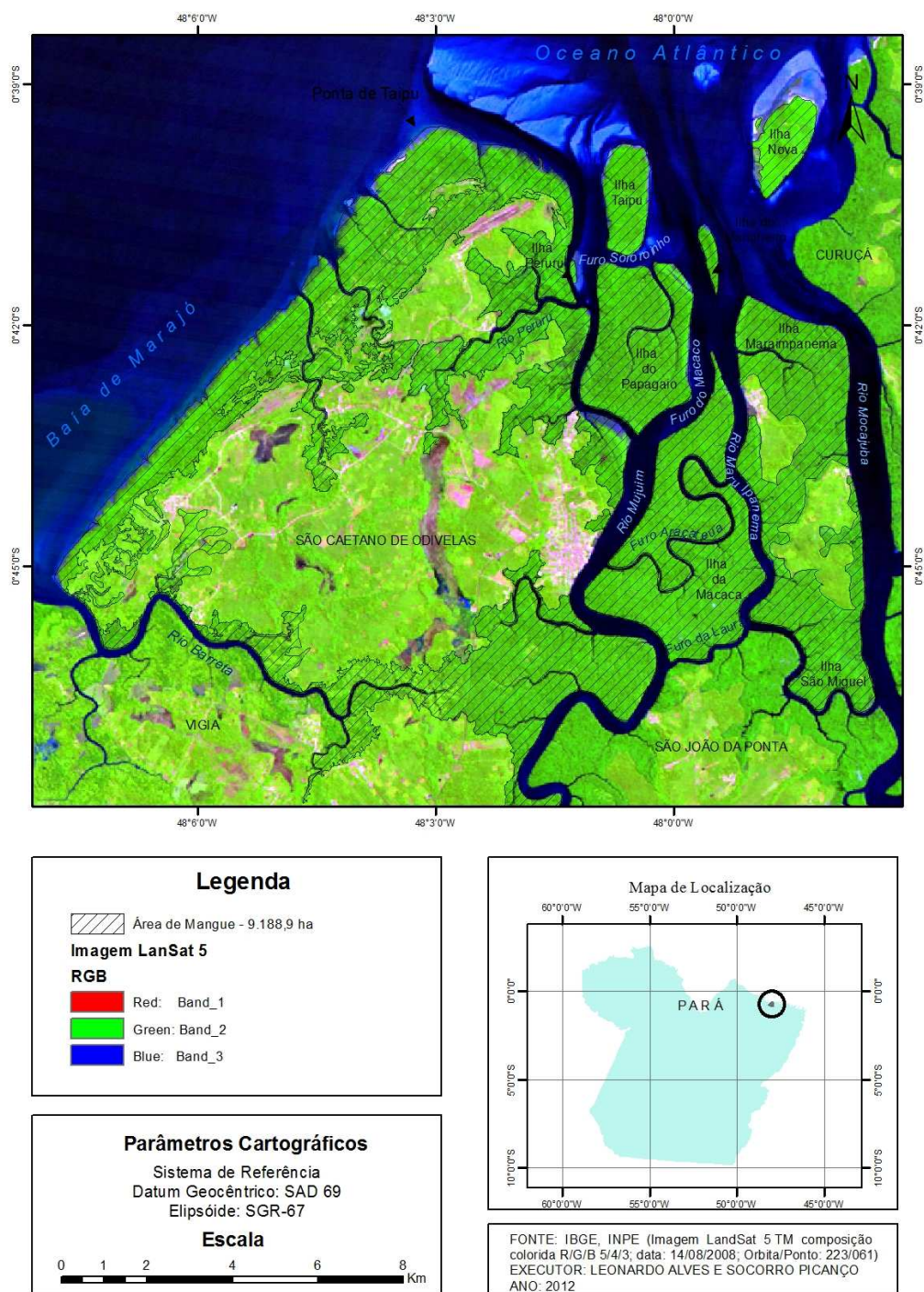
composição RGB mostra uma tonalidade de cor azul intenso e próximo do preto, o que pode significar que neste período esta área de estudo apresenta maiores profundidades que as das imagens mais antigas e este pode ser o fator que leva a ocorrer a erosão nesta área.

Na parte a leste da Ponta de Taipu, o que mais chama a atenção é a presença de grandes barras arenosas ao norte e nordeste da foz do rio Mojuim. Estas barras recebem sedimentos levados em cada maré, tanto na enchente quanto na vazante, quando cessa o movimento, por 7 minutos, então ocorre a deposição destes sedimentos. Quando estas áreas atingem um nível mais elevado, passam a ter condições de reter as sementes que por ali transitam (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001). No caso do mangue, o depósito é intenso e quando adquire consistência firme, as espécies precursoras, como a *Spartina sp.*, vão se instalando aos poucos, sendo que esta espécie tem a importante função de reter os sedimentos, que irão tornar o solo mais consolidado em condições de receber mais espécies, como a *Avicennia sp.* e a *Laguncularia sp.*, o que levará ao aumento destas áreas ou o surgimento de novas ilhas.

Observa-se, ainda, que na ilha da Macaca, a norte, a ponta que era comprida e larga está bastante fina, devido à erosão que está acontecendo nesta área de mangue. Na ilha do Papagaio ocorreu uma acreção e onde anteriormente era composta por três ilhas, agora se transformou em uma única ilha. A ilha do Marinheiro está bastante estreita, o que pode ser indícios de estar sendo erodida nas suas porções leste e oeste. A ilha Taipu está transformada em uma única ilha, apresentando barras arenosas, ao norte, indícios de provável acreção desta ilha ou formação de novas ilhas, naquele sentido.

A nordeste, a ilha Nova ficou maior, com presença de mangue adulto e jovem, tendo, a norte, a presença de barras arenosas, com indícios de provável acreção desta ilha. A oeste desta ilha observa-se a instalação de uma barra arenosa, talvez com espécies pioneiras de mangue, o que indica a provável instalação de uma nova ilha.

Figura 47: Carta Imagem do Ano 2008.



Fonte: INPE, IBGE

Na parte leste, junto à Boca Peruru, onde em 1994 se observava uma barra arenosa, se constituiu uma ilha, com presença de banco lamoso a norte e ao sul desta, o que mostra ser indícios de um provável aumento no tamanho da ilha, aqui denominada de ilha Peruru.

5.3. FATORES DA DINÂMICA COSTEIRA E INDICADORES PARA ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DA LINHA DE COSTA EM SÃO CAETANO DE ODIVELAS (PA)

A dinâmica costeira diz respeito a um conjunto de mudanças que é causado pelos processos costeiros, e essas modificações podem ser fomentadas tanto por processos ditos naturais (biológicos, físicos ou biofísicos) como antrópicos, e pela combinação de ambos. As mudanças na linha de costa se constituem em mudanças morfológicas na medida em que causam modificações na configuração das formas de relevo, advinda da complexa interação de processos deposicionais e erosivos relacionados com a ação de ondas e correntes de maré, além de fluxos de sedimentos que advém do sistema fluvial, que ao interagir com os processos litorâneos, produzem uma diversidade de feições morfológicas que estão em constante processo de mudança (ROSSETTI, 2008).

Além disso, a dinâmica costeira pode ser identificada e analisada por meio do uso de geoindicadores, como a linha de costa, que é a denominação fornecida à zona de contato entre as terras emersas e as águas do oceano, representada nesta pesquisa pelo limite da vegetação de mangue (FRANÇA, 2003; GUERRA, A.; GUERRA, ANTÔNIO, 2003). A linha de costa formada pelo mangue é considerada como um geoindicador por ser a mais precisa e a que é mais facilmente reconhecida em trabalho de campo e por meio do uso de sensores remotos (FORBES; LIVERMAN, 1996). Haja vista que a vegetação de mangue tem alta refletância no infravermelho próximo, o que torna possível a sua identificação por meio de produtos ópticos (SOUZA FILHO; PARADELLA, 2001).

5.3.1 Indicadores geomorfológicos

A análise da variação da linha de costa do Município de São Caetano de Odivelas tem como referência, conforme já destacado, a linha limítrofe do manguezal com os bancos lamosos de intermaré, reconhecida em imagens de satélite, o que permite com que o mangue possa ser considerado como um geoindicador para detectar mudanças na linha de costa e nas ilhas, tal como analisado por Faure (2001).

A mobilidade da linha de costa resulta em mudanças morfológicas devido aos recuos e aos avanços que ocorrem nesta área costeira. Os avanços são gerados pelo fenômeno de acreção, que é a sedimentação costeira de partículas detríticas carregadas por ondas e/ou correntes, o que leva a ocasionar um avanço do continente mar adentro, e os recuos da linha de costa são causados pela erosão, entendido como um conjunto de processos que atuam na superfície terrestre, e que leva à remoção de materiais inorgânicos provenientes das rochas (SUGUIO, 1998).

Quadro 3: Indicadores da Dinâmica Costeira.

INDICADORES	
MORFOLÓGICOS	
INDICADORES DE ACREÇÃO	INDICADORES DE EROÇÃO
Avanço da linha de costa (deslocamento direcional para a baía dos depósitos com manguezal).	Recuo da linha de costa (deslocamento direcional para o continente).
Surgimento ou crescimento de barras arenosas.	Redução de barras arenosas.
Aproximação de barras arenosas em relação à linha de costa.	Afastamento de barras arenosas em relação à linha de costa.
BIOLÓGICOS	
Formação de neossolos	Destruição do solo de mangue.
Aumento da área de mangue e desenvolvimento do padrão “Escada”.	Redução de área de mangue e formação do padrão “Paliteiro” e do terraço de lama.

Fonte: a autora.

Um indicador geomorfológico importante é o avanço da linha de costa em direção ao oceano e rios, pois causa uma acreção desta linha e, conseqüentemente, o aumento das áreas de mangue. Estas são formadas devido à acreção de depósitos lamosos e a posterior instalação de espécies pioneiras da vegetação de mangue como a gramínea *Spartina sp.* que prepara o solo adequado para a posterior instalação de espécies como a *Laguncularia sp.*, a *Avicennia sp.* e a *Rhizophora sp.* Ver exemplos de áreas acrecionais nas figuras de nº 48, 49, 50 e 51, p. 70.

Figuras 48, 49, 50 e 51: a figura nº 48 mostra a acreção da linha de costa da margem esquerda do rio Mojuim com quatro padrões de acreções formados pela instalação da *Spartina sp.*, pela *Laguncularia sp.*, da *Avicennia sp.* e da *Rhizophora sp.* Nesta área observa-se a ocupação urbana adentrando o mangue o que é proibido, pois esta é uma Área de Proteção Permanente (APP) de acordo com a Lei nº 4.771/65 (BRASIL, 2002); a 49 mostra as espécies pioneiras da instalação do mangue; na figura nº 50 na margem direita do rio Maru Ipanema vê-se a acreção da linha de costa em direção ao rio Maru Ipanema com três padrões de crescimento com a presença da *Spartina sp.*, pela *Laguncularia sp.*, da *Avicennia sp.*; e na 51 observa-se que apesar de terem desmatado esta área de mangue, as margens do rio Mojuim, esta vegetação encontra-se em regeneração e progredindo em direção ao rio.

48



Fonte: a autora

49



Fonte: a autora

50



Fonte: a autora

51

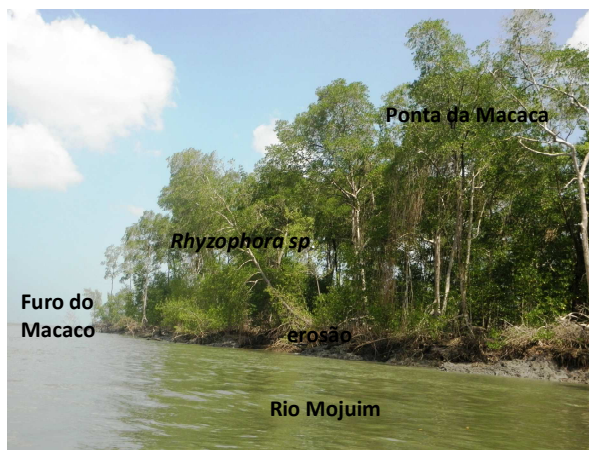


Fonte: a autora

O indicador identificado como recuo da linha de costa em direção ao continente mostra consequências como a diminuição das áreas de mangue como observado na Ponta da Macaca (ilha da Macaca), ao norte da ilha do Papagaio e a sudeste da ilha Taipu, haja vista que a dinâmica das ondas e correntes causam a deposição de areias sobre os manguezais (ver figuras nº 52, 53, 54 e 55, p. 71), aterrando-os e vindo a causar morte destes por asfixia e o tombamento das árvores de mangue frontais, o que leva ao recuo da linha de costa e, consequentemente, à diminuição das áreas de mangue.

Figuras 52, 53, 54 e 55: as figuras nº 52 e 53 mostram a vegetação de mangue da Ponta da Macaca sendo erodida devido ao ataque das correntes de maré, o que causa o recuo da linha de costa desta ilha; a nº 54 ressalta a parte norte da ilha do Papagaio, na margem esquerda do igarapé Tajapuru, e o sudeste da ilha Taipu, ambas com a linha de costa sendo recuadas; e a nº 55 com o destaque para a queda das árvores adultas na linha de costa.

52



Fonte: a autora

53



Fonte: a autora

54



Fonte: a autora.

55



Fonte: a autora

Nesta dinâmica também se observa que o surgimento ou crescimento de barras arenosas é um indicador geomorfológico, ocorrendo comumente na forma de barras que vão formando-se durante a vazante na desembocadura dos estuários. Estas barras arenosas podem vir a ser, futuramente, ocupadas pelo mangue, o que é um fator que causa a implantação ou expansão de manguezais, tal como a ocorrida na ilha Nova e mostrada por Luz et al., (2000), Luz (2001) e Prost et al., (2001) e observada nas cartas imagens dos anos 1984, 1994 e 2008 (p. 63, 65 e 67.), na qual em 1984 notava-se a presença de uma

barra arenosa a nordeste da foz do rio Mocajuba. Durante dez anos esta barra passou a reter sedimentos finos como o silte e a argila e a posterior implantação da vegetação precursora do mangue, sendo que em 1994 esta já constituía uma ilha (Nova) e em 2008 esta ilha já havia triplicado de tamanho. De modo contrário, a diminuição ou desaparecimento das barras pode vir a se constituir um fato que irá evitar a formação de novas áreas costeiras.

Figuras 56, 57, 58 e 59: as figuras de nº 56 e 57 mostram uma barra arenosa junto à linha de costa da ilha Taipu e sua consequência que é a acreção da linha de costa, levando ao aumento do mangue com a instalação da *Spartina sp.*, da *Laguncularia sp.*, da *Avicennia sp.* e da *Rhizophora sp.*; nas figuras de nº 58 e 59 observa-se uma barra arenosa ao norte da ilha do Marinheiro, que foi afastada da linha de costa e causou um estreitamento do canal de maré, ocasionando uma maior velocidade nas correntes, provocando a erosão desta vegetação de mangue. Data da foto: 14/01/2012.

56



Fonte: a autora

57



Fonte: a autora

58



Fonte: a autora.

59



Fonte: a autora

A aproximação e afastamento de barras arenosas em relação à linha de costa podem gerar processos contrários, haja vista que a aproximação pode vir ser um indicador morfológico de acreção, pois nestas podem (futuramente) passar a ocorrer a deposição de

sedimentos finos (silte e argila) e levar a serem vegetadas, causando a formação de novas áreas de mangue além do aumento na linha de costa destas, como observado na parte oeste da ilha Taipu (ver figuras nº 56 e 57, p.72), e o afastamento pode levar à formação de canais de maré estreitos, o que poderá causar a erosão da linha de costa devido a maior velocidade das correntes de maré como observado ao norte da ilha do Marinheiro (ver figuras nº 58 e 59, p.72).

5.3.2. Indicadores biológicos

Um dos indicadores biológicos da dinâmica costeira diz respeito ao solo, pois como a formação de neossolos (ver figuras nº 60, 61, 62 e 63, p.74) acarreta a migração da linha de costa em direção ao mar, ou seja, ocorre uma acreção costeira. Esta acreção está relacionada a um maior aporte de areia e/ou silte-argila, que são lançados pelas correntes de maré, o que permite a ocorrência da sedimentação lamosa para a posterior formação de neossolos (BERRÊDO et al., 2000; PROST et al., 2001).

O neossolo tem sua formação ligada a este processo de acreção costeira cuja causa é o aporte de sedimentos, que podem ter origem na plataforma continental adjacente ou serem transportados pelos rios até a costa. Estes sedimentos são continuamente retrabalhados pelas ondas, marés, correntes e ventos, além da deposição de material orgânico que é carregado pela maré, dando início ao processo de pedogênese. Isto possibilita a instalação da vegetação pioneira do mangue, como a *Spartina sp.*, espécie com importante papel geomorfológico na retenção de areia e sedimentos finos (silte e argila). Com a fixação da vegetação sobre a lama semifluida tem início a maturação dos sedimentos, os quais, a partir da extração da água por evaporação e drenagem interna se tornam mais consistentes (BERRÊDO et al., 2000).

Com o novo solo formado passa-se a ter o aumento de área de mangue, mais um indicador biológico de acreção, pois quando o solo torna-se mais argiloso passa a ocorrer a instalação de espécies como a *Rhizophora sp*, *Avicennia sp*, e *laguncularia sp*, constituindo grupamentos de mangues jovens. Essa interação entre os processos de acreção e pedogênese, além da atividade biótica tem um papel importante de construtor de relevo, neste caso, a planície lamosa de maré (acreção costeira), por meio de acumulação de sedimentos finos (silte, argila), que define o padrão “Escada” (MENDES, 2005; PROST et al., 2001).

Figuras 60, 61, 62 e 63: A formação de neossolos tem início com a instalação das espécies pioneiras de mangue como a *Spartina sp.*, pois estas têm o importante papel de retenção dos sedimentos finos, essenciais para a instalação das demais espécies de mangue; as figuras 62 e 63 mostram as espécies jovens de *Laguncularia sp.* e da *Avicennia sp.* no início de sua instalação quando o solo já apresenta uma maior quantidade de sedimentos pelíticos. Data das fotos: 14/01/2012.

60



Fonte: a autora

61



Fonte: a autora

62



Fonte: a autora

63



Fonte: a autora

O padrão “Escada” (ver figuras nº 64 e 65, p.75) está ligado a processos hidrodinâmicos e sedimentológicos identificados devido ao posicionamento das árvores de mangue, no qual as espécies de *Spartina sp.*, que é a vegetação precursora do mangue, formam estratos mais ou menos densos, seguido por bosques jovens compostos de *Rhizophora sp.*, *Laguncularia sp.* e *Avicennia sp.* que se posicionam mais para o interior.

Este padrão é um indicativo da acreção da linha de costa (LUZ, 2001; LUZ et al, 2000; MENDES, 2005; PICANÇO, 2008; PROST; MENDES, 2011; PROST et al., 2001).

Figuras 64, 65, 66 e 67: O padrão “Escada” é um indicativo de acreção da linha de costa, marcada pelo posicionamento das espécies precursoras, como a *Spartina sp.* à frente, seguida de espécies de mangue mais jovens à frente das adultas, como a *Laguncularia sp.*, a *Avicennia sp.* e a *Rhizophora sp.*, como mostram as figuras de nº 64 e 65, na parte leste da ilha da Macaca; nas nº 66 e 67 vê-se o padrão “Paliteiro” que é um indicativo da erosão da linha de costa, na qual as árvores jovens são removidas pela força das correntes de maré deixando algumas árvores adultas e formando este tipo de padrão. Data da foto: 14/01/2012.

64



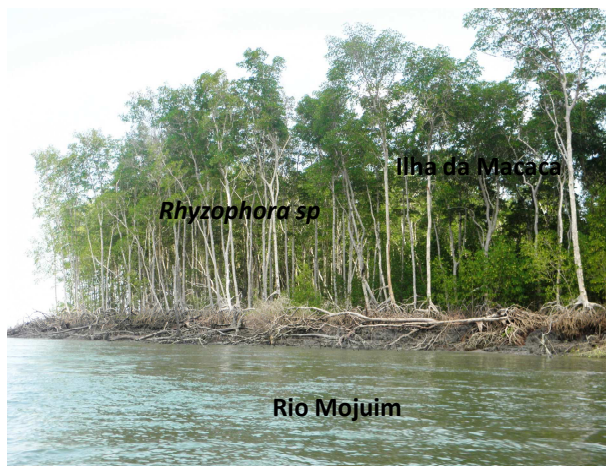
Fonte: a autora

65



Fonte: a autora

66



Fonte: a autora

67



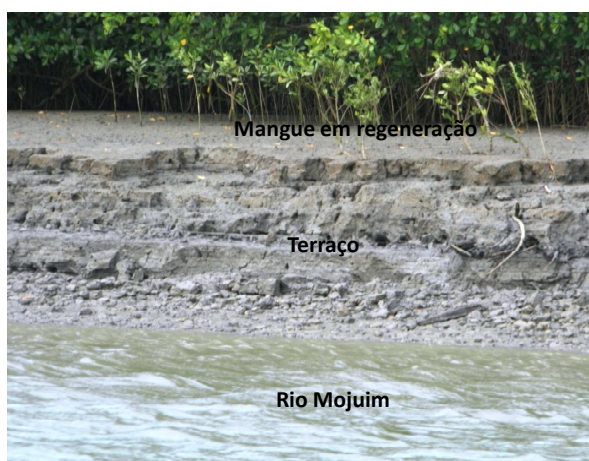
Fonte: a autora

Dentre os indicadores biológicos estão os de destruição do solo de mangue e a consequente redução da área de mangue com a formação dos terraços de lama e do padrão “Paliteiro”, que mostra as árvores de mangue como a *Laguncularia sp.*, *Avicennia sp.* e *Rhizophora sp.*, localizadas nas bordas do manguezal, sendo erodidas devido a ação das

fortes correntes de maré, e sendo, portanto, um indicador de diminuição dessas áreas, o que causa, conseqüentemente, um recuo da linha de costa (retrogradação) ou mesmo o recuo dos contornos das ilhas e, portanto, uma diminuição das áreas de mangue, haja vista que, como já mostrado, a linha de costa desta área de estudo é constituída pela presença da vegetação de mangue ((LUZ, 2001; LUZ et al, 2000; MENDES, 2005; PICANÇO, 2008; PROST; MENDES, 2011; PROST et al., 2001).

Figuras 68, 69, 70 e 71: A erosão da linha da de costa provoca a formação de terraços de lama, como mostrado nestas figuras. Na nº 71, observa-se a presença da fauna como a gaivota (*Larus atlanticus*), que aproveita para alimentar-se de microorganismos. Ao fundo a presença do manguezal mostrando o padrão “Escada”, o que mostra o quanto esta área de estudo é dinâmica, pois o terraço é comprovação de erosão e por trás já se tem uma nova área de mangue sendo constituída. Data da foto: 14/01/2012.

68



Fonte: a autora

70



Fonte: a autora.

69



Fonte: a autora

71



Fonte: a autora

Além disso, tais processos são interdependentes, pois, com a formação do neossolo ocorre a instalação da vegetação de mangue e, conseqüentemente, passa a ocorrer o

aumento das áreas dos manguezais. Ambos são caracterizados como indicadores biológicos.

De forma contrária pode ocorrer a destruição do solo do mangue. Esta pode ser causada por vários fatores, tais como pela ação dos ventos, ondas e das correntes de maré, que causam a erosão da linha de manguezais provocando a formação de terraços de lama (ver figuras nº 68, 69, 70 e 71, p. 76).

5.4 A DINÂMICA DA LINHA DE COSTA ENTRE 1984/1994 E 1994/2008

A dinâmica morfológica que ocorre na linha de costa é controlada pela ação dos processos costeiros que provocam erosão, transporte e deposição de sedimentos, o que leva a ocasionar constantes modificações nestes limites costeiros (MUEHE, 2007). Dentre estes processos os mais atuantes são as ações das ondas e das correntes de maré que comandam os transportes e a deposição dos sedimentos (THE OPEN UNIVERSITY, 1989).

O mapa nº 3 (p.79), obtido por meio da sobreposição dos vetores dos anos de 1984/1994 mostra a variação das áreas de mangue da porção norte do Município de São Caetano de Odivelas (PA).

A área constituída por vegetação de mangue em 1984 perfazia um total de 89.403.100 metros quadrados. Após um período de dez anos esta vegetação aumentou para 91.686.200 metros quadrados, lembrando que a margem de erro geométrico do período 1984/1994 é de 1.206 metros quadrados e de 40,2 metros lineares para mais ou para menos, como mostrado na metodologia desta pesquisa. Portanto, constata-se que neste período ocorreram mudanças nesses limites, no qual estas transformações são caracterizadas como avanços, haja vista que as áreas acrecionais são superiores às erosivas, como evidenciadas na tabela nº 3 (p.78).

Na parte a oeste da Ponta de Taipu, no período 1984/1994, ocorreu um aumento em sua área de mangue de 50.917.000 m² para 51.403.700 m² (+/- 1.206 m²), o que causou uma acreção linear da linha de costa em direção à baía de Marajó de 148,8 metros (+/- 40,2 m), sendo que as áreas que mostram um maior avanço são as próximas da foz do rio Barreta, e nas áreas anteriores à Ponta Taipu.

Esta dinâmica acrecional pode estar aliada à interação de processos costeiros por efeito das ondas e das marés atuantes na baía de Marajó, que levam a eventos deposicionais nesta linha de costa, haja vista que os sensores das imagens orbitais de 1984 e 1994 (p.63 e 65), mostram as margens da baía de Marajó mais claras, o que pode ser indício de uma menor profundidade da área, na qual as ondas chegam com uma velocidade menor, favorecendo a deposição de sedimentos e, conseqüentemente, a acreção nesta área de estudo em direção à baía de Marajó.

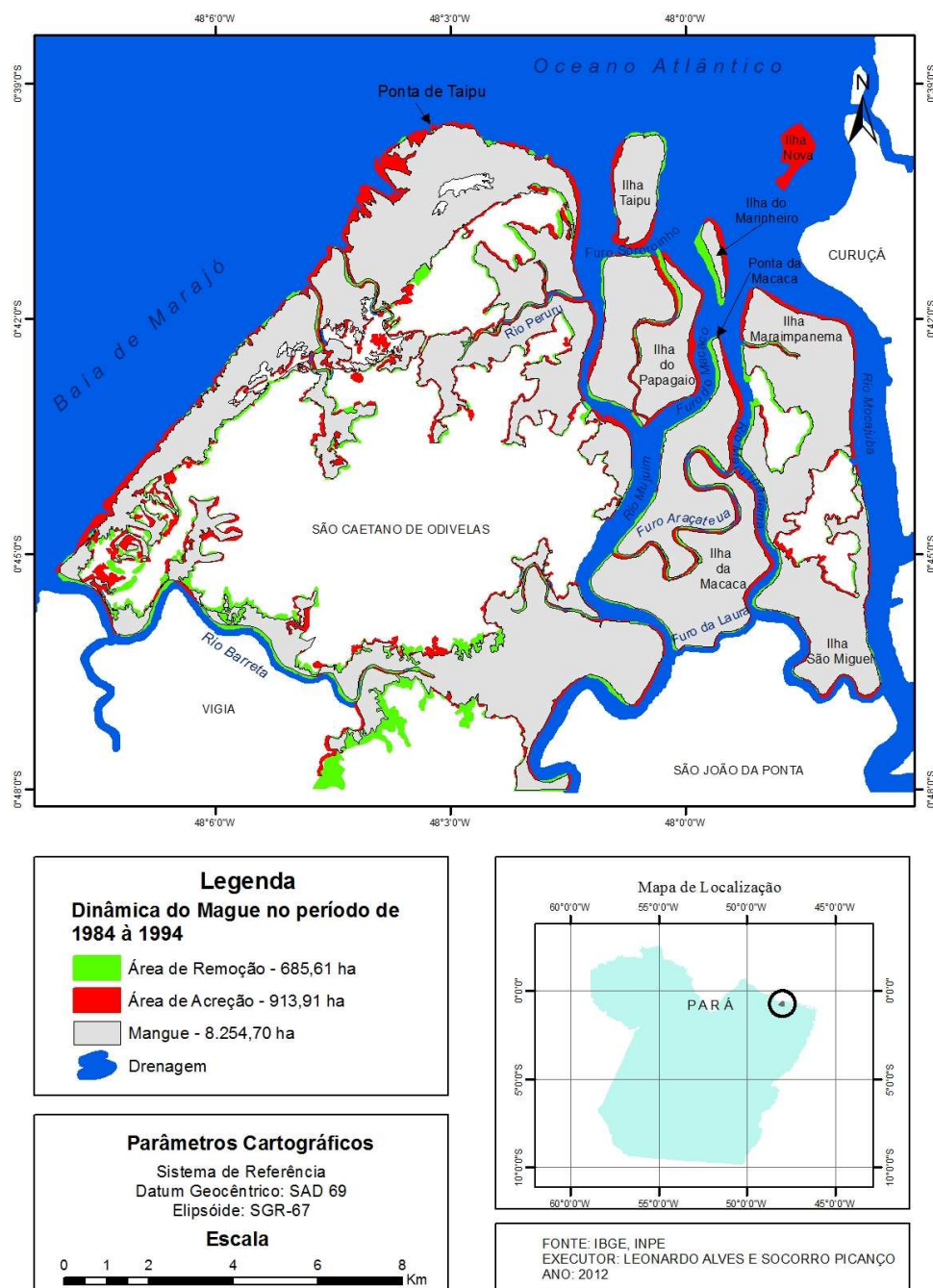
Tabela 3: Quantificação das Áreas de Mangue Acrescidas e Erodidas no Período entre 1984/1994.

LOCAL	ÁREA EM 1984 (m ²)	ACRÉSCIMO EM 1994 (m ²)	ACRÉSCIMO LINEAR (m)	EROSÃO EM 1994 (m ²)	EROSÃO LINEAR (m)
PORÇÃO A OESTE DA PONTA TAIPU					
	50.917.000	486.700	148,8	-	-
PORÇÃO A LESTE DA PONTA TAIPU					
Taipu	2.393.600	189.000	138,1	-	-
Papagaio	7.250.500	384.200	173,7	-	-
Macaca	13.296.800	300.400	160,5	-	-
São Miguel	14.896.200	323.300	168,1	-	-
Ilha Nova	-	673.900	1.341,2	-	-
Marinheiro	649.000	-		74.400	207,3
TOTAL					
	89.403.100	2.357.500	2.131,4	74.400	207,3

Fonte: a autora

Na parte a leste da Ponta de Taipu também ocorreram acreções, como se constata no mapa nº 3 (p.79), e a tabela nº 3, na qual a ilha Taipu, em dez anos aumentou de 2.393.600 m² para 2.582.600 m², com um avanço linear de 138,1 metros em direção ao Oceano Atlântico. Esta referida ilha se apresentava morfologicamente compartimentada em duas, com um canal parcialmente dividindo-a em duas, passa a constituir uma única ilha.

Mapa 3: Mapa da Dinâmica do Mangue no Período de 1984 a 1994.



Fonte: IBGE e INPE

Na ilha Papagaio ocorreu um aumento em sua área de 7.250.500 m² para 7.634.700 m², com acréscimo linear de 173,7 metros em direção ao rio Mojuim; a ilha da Macaca teve um aumento em sua área total de 13.296.800 m² para 13.597.200 m², sendo que a dinâmica ocorreu de forma mais significativa na Ponta da Macaca, não de acréscimo mais de diminuição linear de -160,5 metros; a ilha São Miguel, aumentou sua área de 14.896.200 m² para 15.219.500 m², com aumento linear maior na parte noroeste de 168,1 metros em direção ao rio Maru Ipanema.

A ilha Nova que em 1984 era apenas uma barra arenosa, em 1994 já constituía uma ilha com 673.900 m², com crescimento linear de 1.341,2 metros. A ilha que apresentou um aspecto com predomínio erosivo maior que as outras foi a do Marinheiro, que de 649.000 m² em dez anos diminuiu sua área para 574.600 m². Nesta ilha observa-se que na parte oeste ocorreu erosão com diminuição linear em -207,3 metros em direção ao rio Mojuim.

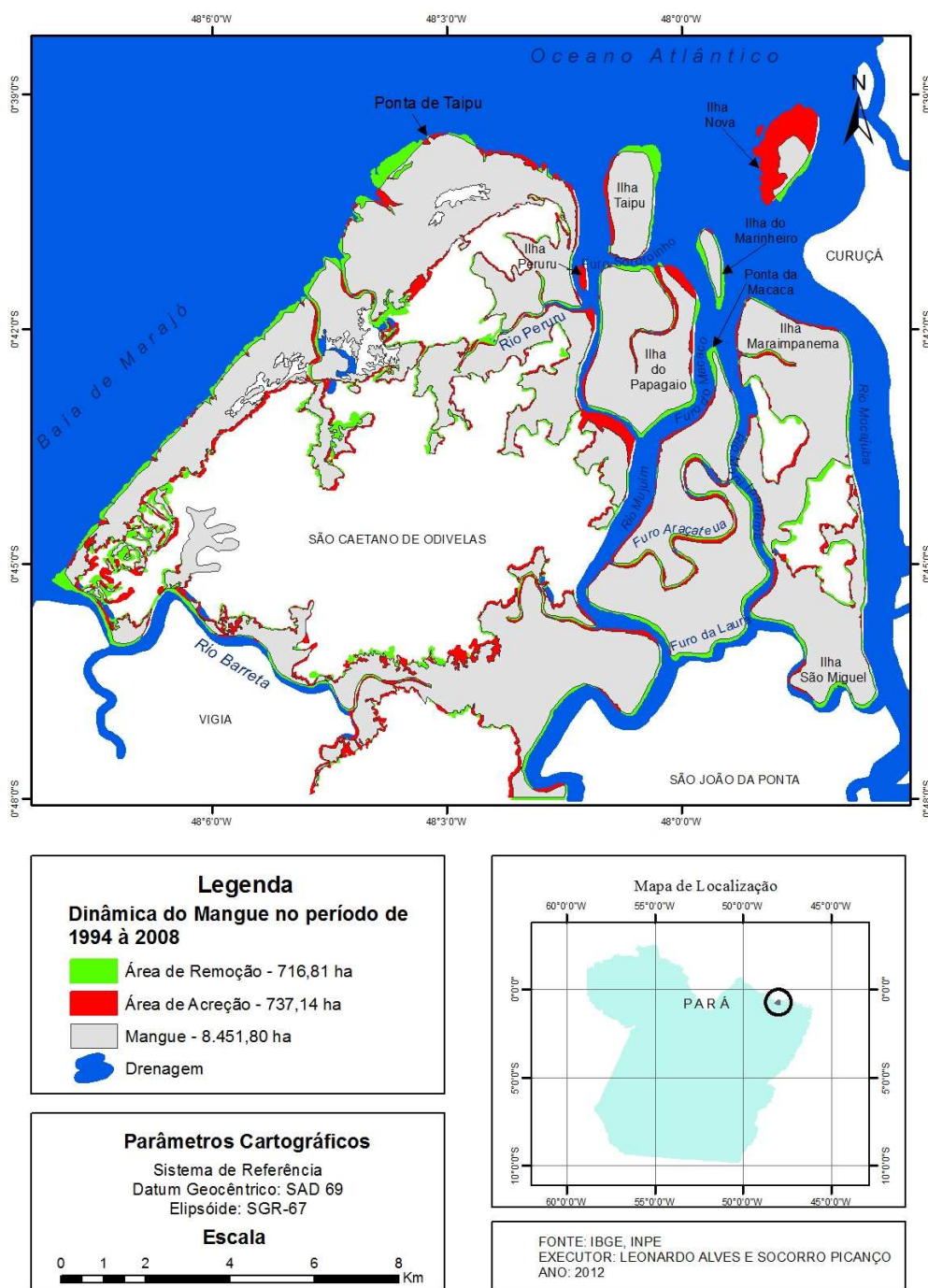
O mapa nº 4 (p.81) mostra a dinâmica ocorrida na linha de costa do município de São Caetano de Odivelas (PA) no período de 14 anos, de 1994 a 2008, no qual as alterações morfológicas foram evidenciadas pelo deslocamento da linha de costa em direção ao mar, ou pelo recuo desta para o continente. Para este período a margem de erro geométrico é de 1.080 metros quadrados e de 36 metros lineares para mais ou para menos. Observa-se que neste tempo, de 1994 a 2008, ocorreram recuos e avanços na linha de costa, com um acréscimo pequeno na área de mangue, de 203.200 m², pois a área total ficou com 91.889.000 m² (observar a tabela nº4, p.82).

Na porção a oeste da Ponta de Taipu, as áreas nas quais ocorreu um aumento na vegetação de mangue foram as partes internas aos canais de maré e no limite interno da linha da costa constituída pelo mangue, sendo que na linha de mangue frontal à baía de Marajó ocorreu erosão. No total, entre acreção e erosão, houve uma perda na vegetação de mangue, de 185.000 m² e um recuo da linha de costa junto à Ponta de Taipu de -29,5 metros lineares.

Na imagem de 2008 observa-se que, ao contrário das imagens de 1984 e 1994, a resposta espectral fornecida pela composição RGB na parte frontal a baía de Marajó, mostra um tom de azul mais escuro, o que pode significar uma maior profundidade. Em uma área mais profunda, as ondas chegam com maior velocidade à linha de costa, o que

pode ser o fator que causa a erosão desta linha de costa, sendo que a área mais erosiva, neste período, foi a situada próxima à Ponta Taipu.

Mapa 4: Mapa da Dinâmica do Mangue no Período de 1994 à 2008.



Fonte: IBGE e INPE

Tabela 4: Quantificação das Áreas de Mangue Acrescidas e Erodidas no Período entre 1994/2008.

LOCAL	ÁREA EM 1994 (m ²)	ACRÉSCIMO EM 2008 (m ²)	ACRÉSCIMO LINEAR (m)	EROSÃO EM 2008 (m ²)	EROSÃO LINEAR (m)
PARTE A OESTE DA PONTA TAIPU					
-	51.403.700	-	-	185.000	29,5
PARTE A LESTE DA PONTA TAIPU					
Taipu	2.582.600	-	-	167.800	276,28
Papagaio	7.634.700	97.100	226,57	-	-
Macaca	13.597.200	-	-	449.000	123,30
São Miguel	15.219.500	-	-	335.400	118,44
Ilha Nova	673.900	1.327.500	733,05	-	-
Marinheiro	574.600	-	-	154.300	279,38
Peruru	-	69.700	537,07	-	-
TOTAL					
91.686.200		1.494.300	1.496,69	1.291.500	826,9

Fonte: a autora

Na porção a leste da Ponta de Taipu, dentre as áreas nas quais ocorreram as maiores acreções está a Boca do Peruru, que inclusive acarretou a formação da ilha Peruru, na comunidade da Cachoeira com uma área de 69,6 m² com comprimento de 537 metros lineares, e na foz do rio Mojuim, nas ilhas, como a Nova, que passou por uma acreção em 14 anos, resultando em 2.001.400 m² e acréscimo linear de 733 metros em direção ao Oceano Atlântico, e na ilha do Papagaio que era constituída por três ilhas e transformou-se em apenas uma, com um acréscimo de 97.100 m² e aumento linear de 226,5 metros em direção ao rio Mojuim.

Houve erosão nas ilhas como a Taipu que, em 14 anos, diminuiu sua área para 2.414.800 m² com recuo linear de -276,2 metros, a Marinheiro diminuiu para 420.200 m² com recuo de -279,3 metros lineares, a Macaca recuou sua área para 13.148.200 m², na qual a parte predominantemente erodida foi ao norte, na Ponta da Macaca com um recuo

linear na sua largura de -123,3 metros, e a São Miguel que teve uma diminuição para 14.884.100 m² com recuo maior ao sul com -118,4 metros lineares.

Ao longo da costa estudada, a distribuição das áreas acrecionais e das que foram erodidas não foi uniforme, apresentando variações nos diferentes setores, portanto, a dinâmica que ocorreu foi diferenciada ao longo destes 24 anos, sendo que ocorreu um acréscimo total da área de 3.851.800 m² (ver tabela nº5, p.84). Nos primeiros dez anos de monitoramento desta costa, na porção a oeste, ocorreu uma acreção costeira em direção à baía de Marajó. Em relação a parte a leste, houve um acréscimo da área de mangue e a formação da ilha Nova.

Quando analisados os seguintes quatorze anos, os resultados mostraram que houve também acreções e erosões, mas, neste período, na parte a oeste, houve um predomínio dos processos erosivos em direção ao continente. Na porção a leste, a ilha Nova praticamente duplicou de tamanho, com um acréscimo de 196,9%, além de ter ocorrido a formação da ilha Peruru. A perda de vegetação de mangue ocorreu principalmente na ilha do Marinheiro, que é a área mais erodida, pois em 24 anos ocorreu uma diminuição em sua área de 35,3%, além da ponta da Macaca, que a cada década está ficando mais fina, devida ser esta a parte que é mais erodida.

De acordo com Christofolletti (1980) e The Open University (1989), a velocidade das marés é maior nos locais de maior profundidade e com grande quantidade de água. Nos locais mais rasos essa velocidade é menor, devido o atrito com o fundo, o que favorece a deposição dos sedimentos.

Ao observarem-se as imagens fornecidas pelo sensor TM do satélite Landsat dos anos 1984, 1994 e 2008 verifica-se um aumento progressivo das profundidades da baía de Marajó, nas proximidades da costa de São Caetano de Odivelas (PA), (setor oeste da Ponta de Taipu), o que coincide com a erosão da linha de costa deste setor. Enquanto que a leste da Ponta de Taipu é notória o aprofundamento dos talwegues dos principais estuários definindo a trajetória das correntes de maré de maior velocidade.

Com base nestas informações, infere-se que a atividade erosiva esteja ocorrendo devido ao posicionamento fisiográfico dessas áreas. Na foz dos rios Mocajuba, Maraipanema e Mojuim, este último passando pelo furo da Macaca, as correntes passam

com maior rapidez, pois apresentam uma maior profundidade (fator que leva a ocorrer uma velocidade maior nas correntes de maré), e vão erodindo as margens compostas pela vegetação de mangue, em especial na ponta da Macaca e na ilha do Marinheiro, nas suas laterais e nas pontas norte e sul (ver figura nº 72, p.85).

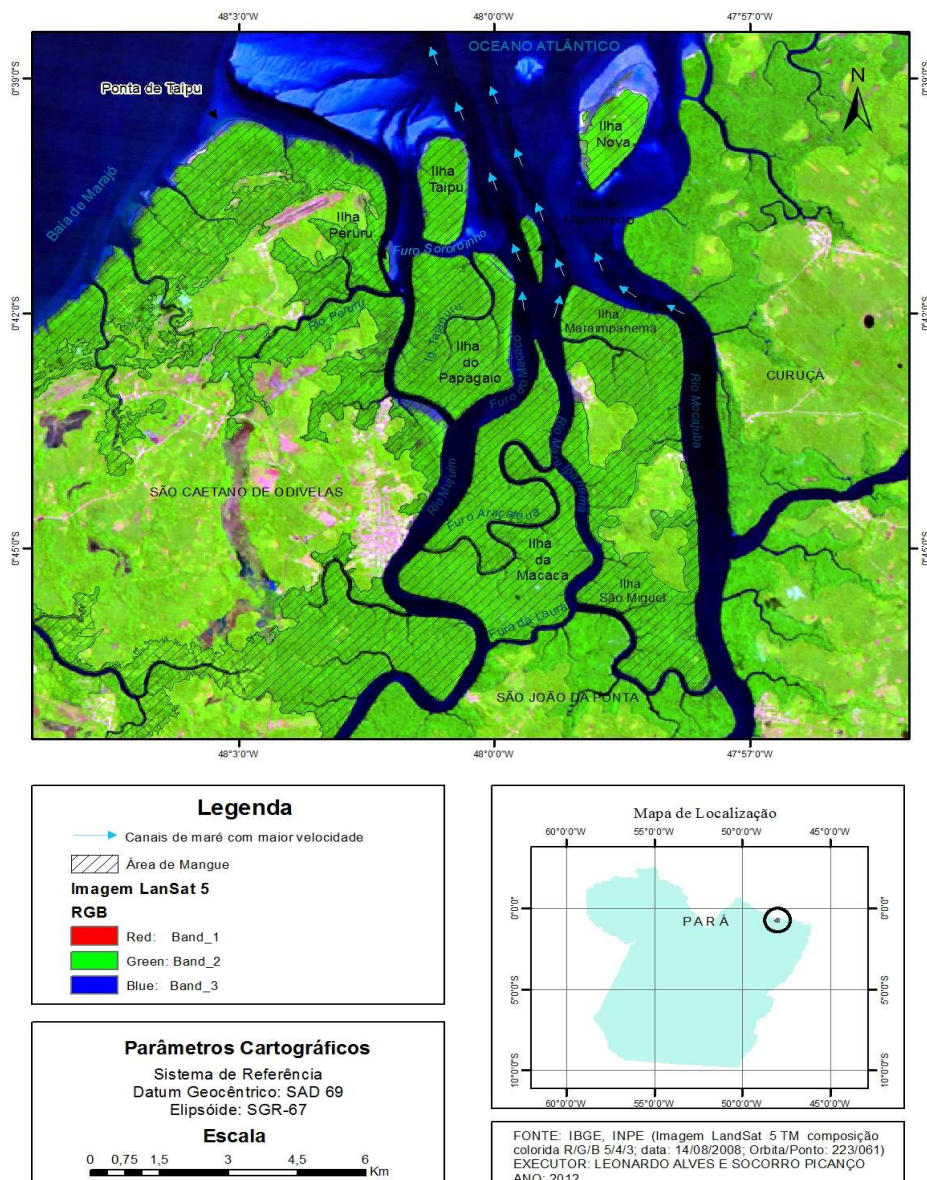
Tabela 5: Quantificação das Áreas de Mangue Acrescida e Erodidas entre 1984/2008.

ANO	TOTAL DA ÁREA DE MANGUE (m²).	TOTAL DA ÁREA ACRESCIDA (m²).	% DA ÁREA ACRESCIDA.	TOTAL DA ÁREA ERODIDA (m²)	% DA ÁREA ERODIDA
1984	89.403.100	-	-	-	-
1994	91.686.200	2.357.500	2,57%	74.400	0,08%
2008	91.889.000	1.494.300	1,62%	1.291.500	1,41%
1984/2008	-	3.851.800	4,19%	1.365.900	1,49%

Fonte: a autora

Esta acreção é resultante da deposição de material sedimentar, causada pelos processos fisiográficos, com destaque para os fatores costeiros, como as correntes de maré e a ação das ondas atuando no transporte e na deposição de sedimentos relacionados ao maior aporte de areia, silte e argila nas áreas mais protegidas, o que acarreta em setores de sedimentação, vindo a causar uma migração da linha de costa ou na formação de novas ilhas. Nas áreas que possuem pouco suprimento sedimentar, os processos erosivos produzem o deslocamento da linha de costa em direção ao continente, recuando os limites formados pelos mangues na linha de costa.

Figura 72: Carta Imagem de 2008.



Fonte: IBGE e INPE

5.4.1 A Formação de novas ilhas

Nesta área de estudo, observa-se que em 24 anos ocorreu a formação de duas novas ilhas, a Nova e a Peruru. A ilha Nova que na imagem de 1984 era apenas uma barra arenosa (observar as figuras nº 73, 74 e 75, p.87), na imagem de 1994 já está constituída como ilha com 673.900 m², tendo sua área ampliada para 2.001.400 m², em 2008. E a ilha

Peruru que na imagem de 1984 não foi detectada, na imagem de 1994 constituía uma barra arenosa, e na imagem de 2008 já está formada como uma ilha com uma área total de 69.700 m².

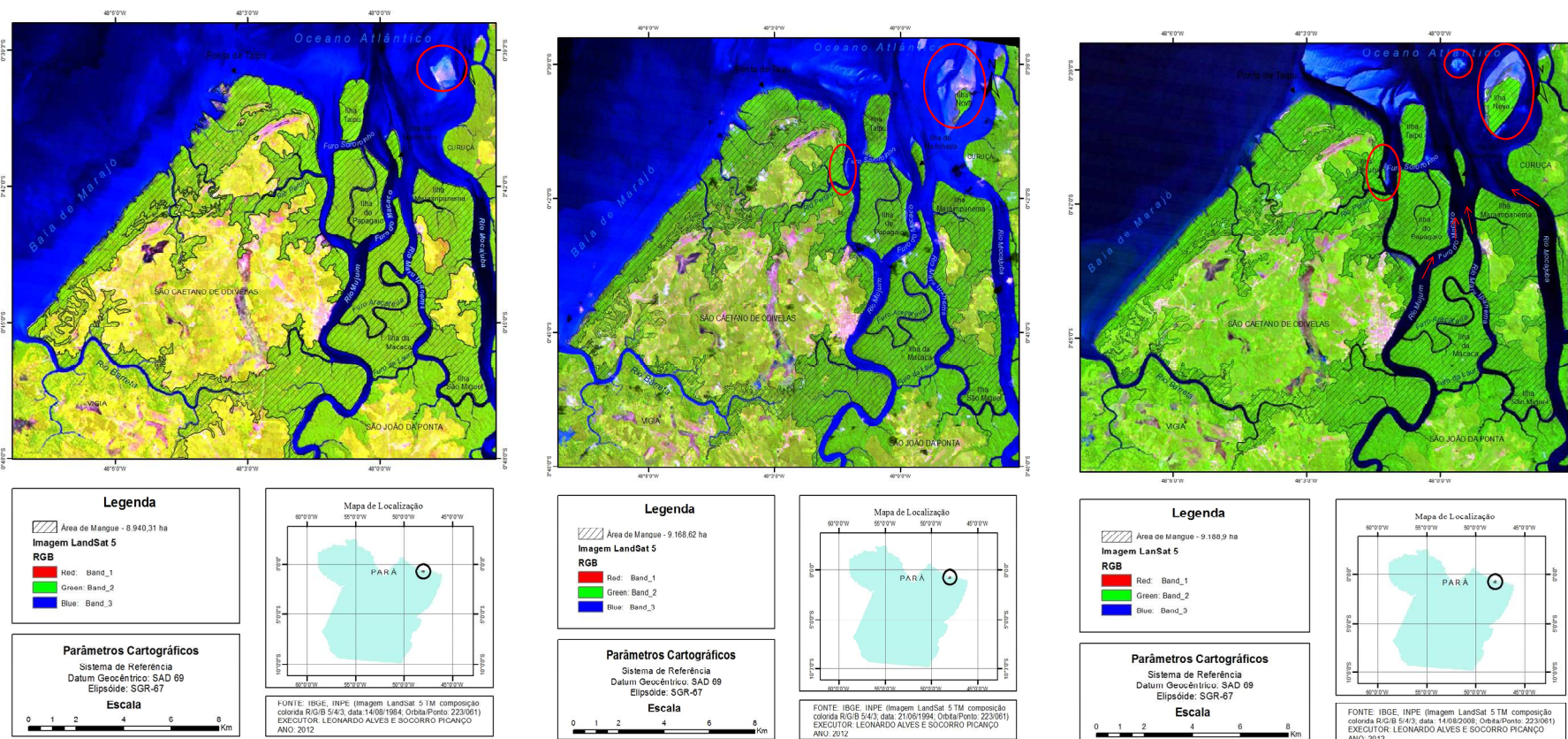
Esta formação de novas ilhas ocorre em uma determinada área que reúne condições para este acontecimento. Para isto é necessário que haja condições predisponentes à sedimentação. Esta é favorecida com a parada do movimento das marés, tanto na preamar quanto na baixamar, quando os sedimentos e as sementes que por ali transitam, tem condições de serem depositados. Em alguns trechos são sedimentos argilosos, outros arenosos. Em cada maré as barras arenosas vão recebendo mais sedimentos até atingirem um nível mais elevado, quando então passam a ter condições de reter sementes que ali transitam. No caso desta área de estudo, são as espécies pioneiras de mangue que se instalam por primeiro, com o papel geomorfológico de retenção de sedimentos finos, que com a presença da água salobra causa a intensificação da colmatagem dos sedimentos (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001).

A partir da predominância de sedimentos areno-siltosos, ocorre a instalação da *Spartina alterniflora* formando um micromodelado. A medida que os sedimentos tornam-se mais argilosos os gêneros como a *Avicennia germinans*, a *Laguncularia racemosa* e a *Rhizophora mangle* passam a se instalar (LUZ, 2001; Luz et al., 2000).

Estas espécies possuem um sistema de raízes (pneumatóforos e rhizophoros) que diminui a velocidade das correntes, o que influencia no favorecimento da deposição dos sedimentos, na retenção da água salobra e na matéria orgânica (AUGUSTINUS, 1995).

Para a formação da ilha Nova está-se inferindo que esta ilha tenha sua instalação favorecida, devido seu posicionamento fisiográfico, localizada, de certa forma, protegida da ação mais forte das correntes de maré, pois esta ilha posiciona-se junto à ponta de Curuçá, o que lhe proporciona uma localização relativamente abrigada da ação mais efetiva das ondas e correntes de maré, o que leva os sedimentos finos a serem depositados nesta área, além da presença de drenagens oriundas deste município e da foz do rio Mocajuba, que contribuem com um determinado aporte de sedimentos (ver as figuras nº 73, 74 e 75, p.87).

Figuras 73, 74 e 75: Cartas Imagens dos Anos 1984, 1994 e 2008, que mostra a Formação das ilhas Nova e Peruru.



Fonte: INPE, IBGE

A instalação da ilha Peruru pode estar sendo favorecida devido o seu posicionamento fisiográfico, próximo a foz do rio Peruru, pois esta drenagem pode estar lançando sedimentos pelíticos que estão sendo retrabalhados pela ação das correntes de maré, e depositados próximo a esta foz, fatores estes que podem estar ligados à formação desta nova ilha (observar as figuras nº 74 e 75, p.87).

A formação destas novas ilhas mostra a interação que ocorre entre a dinâmica costeira, os aspectos geomorfológicos e os sedimentológicos do meio biofísico, pois a partir da instalação de barras arenosas e posteriormente a deposição de sedimentos pelíticos, ocorre a ocupação destas áreas pelo ecossistema manguezal que serve de abrigo e alimentação para numerosas espécies animais e para a exploração das comunidades locais.

5.4.2 Consequências para a vegetação e para a morfologia

A dinâmica que ocorre nesta área de estudo traz consequências para a vegetação e, consequentemente, para a morfologia, pois como já foram mostrados, estes processos são interdependentes, haja vista que, nas áreas com predomínio dos processos deposicionais de sedimentos pelíticos, tem início o processo de pedogênese. Pois, a partir da formação de bancos lamosos e, posteriormente, com a fixação de espécies vegetais pioneiras do mangue, tem início a formação de neossolos, com a posterior instalação das espécies típicas do manguezal.

A instalação do mangue introduz modificações nos processos morfológicos porque a sua vegetação produz grande quantidade de matéria orgânica, o seu emaranhado de raízes diminui a velocidade das correntes de maré, o que propicia a decantação dos sedimentos finos que, consequentemente, dão origem a sucessíveis níveis de sedimentos que elevam progressivamente o nível do solo, com a consequente formação de micromodelados (figuras 76 e 77, p.89).

Devido ao papel geomorfológico importante das correntes de maré, no transporte e na sedimentação, tem origem o padrão “Escada” (figura 78, p.89). Este tem a função de construtor de relevo, devido à acumulação de sedimentos finos e posterior implantação das planícies lamosas de maré, com sua vegetação característica de mangue, fator que leva a ocasionar a acreção costeira. Esta acreção tem início com a instalação da *Spartina sp.*, que instala-se em áreas planas e arenosas e dá início à formação do micromodelado. Em seguida,

instala-se a *Avicennia sp.*, nas áreas mais consolidadas e a *Laguncularia sp.*, que ocupa as cotas mais baixas, por onde penetram as marés semidiurnas. A *Rhizophora sp.*, instala-se no substrato mais inconsolidado, com maior presença da argila (LUZ, 2001).

Figuras 76, 77, 78 e 79: O micromodelado é definido devido a interação vegetação-morfologia. Nas figuras 76 e 77 observam-se as espécies de *Avicennia sp.* e *Spartina sp.* às margens do rio Barreta, compondo micromodelados; na 78 vê-se o padrão “Escada” que significa a acreção da linha de costa e o aumento das áreas de mangue; na 79 ocorre o processo inverso que é a erosão do mangue devido a ação de fortes correntes de maré, o que leva à formação do padrão “Paliteiro” e o recuo da linha de costa em direção ao continente.

76



Fonte: a autora

77



Fonte: a autora

78



Fonte: a autora

79



Fonte: a autora

Esta instalação tem como consequência o aumento do ecossistema manguezal. O valor deste reside na quantidade de matéria orgânica que é produzida pela cadeia detritica, que forma o elo básico das cadeias alimentares marinhas, com suas funções primordiais como berçários, meio nutritivo e centro de multiplicação de numerosas espécies animais, além de que este ecossistema é essencial como fonte de recursos naturais e para a economia das comunidades costeiras devido à implantação da avifauna, da pesca, caranguejos e outros (FAURE; PROST; MENDES, 2011; MELLO; BRITO DA SILVA; PERES, 1995; PROST et al, 2000).

Nas áreas de erosão geradas pela intensidade do ataque de fortes correntes de maré e das ondas, são marcadas pelo padrão “Paliteiro” (figura 79, p.89), este é formado devido à remoção de espécimes jovens e adultas de mangue que formam a linha de costa, haja vista que as correntes lançam areia nestas áreas que causam a asfixia das raízes de espécies de mangue, levando-as a morte e queda destas árvores, causando a diminuição do ecossistema manguezal e consequente recuo da linha de costa em direção ao continente.

Esta dinâmica morfológica e sedimentológica ocorrida nesta área de estudo, está relacionada à interação entre aos fatores atmosféricos, oceanográficos e geológicos, haja vista que as ondas, marés e os ventos são os principais responsáveis pela erosão, transporte e deposição de sedimentos, o que ocasiona a acreção e a erosão da linha de costa deste município estudado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do uso do sensoriamento remoto, do levantamento bibliográfico e dos trabalhos de campo, foi possível identificar, mapear e quantificar os tipos de unidades de relevo presente na área de estudo e analisar a variação da linha de costa da porção norte do Município de São Caetano de Odivelas (PA). Este foi dividido em duas partes, que são a porção a oeste, até a Ponta de Taipu, e a parte a leste, a partir desta ponta.

As unidades de relevo identificadas e caracterizadas no município estudado somam um total de 191,78 km², e são as seguintes unidades: tabuleiros e baixos platôs, planícies lamosas de maré, bancos lamosos de intermaré, cordões arenosos subatuais, planícies aluviais, planícies aluviais com espécies de *Avicennia sp.*, planícies aluviais com vegetação de campos e barras arenosas.

Os tabuleiros contam com 27,4% da área de estudo e situam-se no centro desta área de estudo. Possuem um substrato areno-argiloso, da Formação Barreiras e de Sedimentos Pós-Barreiras, de idade miocênica do Plio-Pleistoceno. O tipo de solo é o Latossolo Amarelo. Possuem um posicionamento acima do nível de inundação, tem um relevo suave ondulado, na qual a altimetria vai de 6 a 30 metros.

As planícies lamosas de maré perfazem 50,1% da área total estudada. Esta unidade de relevo se posiciona como sítios paralelos à linha de costa e ao longo do baixo curso dos rios. São constituídas por sedimentos finos como areia fina, silte e argila, que são originários do Holoceno. São resultados, portanto, da deposição de lamas por efeito da ação das marés. Possuem solos característicos, os chamados solos indiscriminados de mangue. Possui uma topografia plana, na qual sua altimetria vai de 2 a 5 metros.

Os bancos lamosos de intermaré constituem 3,8% da área total de estudo. Posicionam-se de forma paralela a linha de costa adentrando as margens dos canais estuarinos. Possuem um substrato formado por lamas fluidas inconsolidadas de idade holocênica, com a concentração de sedimentos finos (silte e argila). Tem sua origem ligada à deposição de lamas por efeito das marés. Seu relevo é ligeiramente inclinado, com uma altitude que vai de 0 a 2 metros.

Os cordões arenosos subatual respondem por 1,2% da área estudada. Posicionam-se em formato de flechas dispostas no sentido da atual linha de costa. São formados por um

substrato arenoso e, podem ser casos de cheniers ou praias, dunas e/ou barras pré-atuais holocênicas, ou podem ser indícios de uma antiga linha de costa. Possuem topografia plana, com uma altimetria de 6 a 12 metros e apresentam solo arenoso.

As planícies aluviais contam, neste município, com 5,6% da área de estudo. Estas áreas se localizam no interior da área de estudo, próximo das áreas de planície aluvial com vegetação de campos, além de estarem ao longo de alguns canais fluviais. São originárias da deposição por efeito da ação dos rios. Os solos são caracterizados como hidromórficos e gleizados, desenvolvidos em sedimentos argilo-siltosos constituindo depósitos do holoceno. Possuem uma topografia plana, acima de 6 metros.

As planícies aluviais com espécimes de *Avicennia sp.*, totalizam 0,5% desta área de estudo. Localizam-se no interior da área de estudo, dentro da planície lamosa de maré, à noroeste. Este relevo possui áreas de acumulação estendida ou entalhada no fundo de vales, além de possuir um substrato lamoso de idade holocênica. São originadas da deposição de lamas por efeito da ação pluvial, fluvial e da água subterrânea. Apresenta solos de deposição recente, mal drenados, fortemente ácidos, pouco profundos e de textura pesada dominante. Apresenta uma topografia plana que vai de 5 a 6 metros.

As planícies aluviais com vegetação de campos perfazem 2,31% da área estudada. Localizam-se em forma de sítios estreitos do fundo de vales, no interior da área de estudo, em contato com as áreas de tabuleiros e da planície aluvial, podendo aparecer na sequência das planícies lamosas de maré. Sua origem é desconhecida, mas podem ser paleocanais. Recebem influência da água doce e passam uma parte do ano alagada. Possui um substrato argiloso, que diz respeito a terrenos recentes, de origem holocênica. Este se desenvolve em um solo hidromórfico e argiloso. Possuem uma topografia plana que vai de 4 a 10 metros.

As barras arenosas constituem 9,1% da área de estudo. São formadas por detritos carregados pelos cursos d'água e depositados na foz dos rios. Situam-se como depósitos alongados no sentido das desembocaduras dos estuários. Constituem áreas formadas por sedimentos holocênicos inconsolidados (areias), originadas da deposição e retrabalhamento sedimentar por correntes de maré. Possuem uma topografia plana, que vai de 0 a 2 metros.

Os geoindicadores morfológicos e biológicos identificados nesta pesquisa foram classificados em indicadores de acreção e indicadores de erosão. Nos quais os morfológicos

de acreção são o avanço da linha de costa, o surgimento ou crescimento de barras arenosas, a aproximação de barras arenosas em relação à linha de costa, e os de erosão são o recuo da linha de costa, a redução de barras arenosas e o afastamento de barras arenosas em relação à linha de costa. Os biológicos de acreção são a formação de neossolos, o aumento da área de mangue e o desenvolvimento do padrão “Escada”. Os de erosão são a destruição do solo de mangue, a redução de área de mangue, a formação do padrão “Paliteiro” e do terraço de lama.

Após a análise das imagens dos anos de 1984, 1994 e 2008, e a posterior quantificação das áreas estudadas, evidenciou-se que as mudanças morfológicas podem ser classificadas em sua maioria em agradacionais, apesar de em alguns setores ter ocorrido um recuo da linha de costa, haja vista que em 24 anos ocorreu um acréscimo nas áreas de mangue, uma vez que em 1984 esta área contava com um total de 89.403.100 metros quadrados. Após dez anos, em 1994, já perfazia um total de 91.686.200 metros quadrados, e em 2008 esta área já totalizava 91.889.000 metros quadrados. Portanto, em um período de 24 anos houve um acréscimo destas áreas de 3, 85 km², o que responde por 4,19% da área total acrescida.

A dinâmica desta área de pesquisa não foi uniforme conforme mostrado, pois em 24 anos de monitoramento da linha de costa marcada pelo mangue, mostrou variações diferenciadas no tempo e no espaço, haja vista que a porção a oeste da Ponta de Taipu, frontal à baía de Marajó, teve uma acreção de apenas 1% na sua área de mangue contra 8,56% na porção a leste da Ponta de Taipu. Estas diferenciações podem ocorrer devido as diferenças nas duas áreas, pois a que se situa a leste, na foz do rio Mojuim, apresenta uma dinâmica maior, haja vista receber a influência de macromarés semidiurnas, com maior salinidade, menor índice pluviométrico, menor extensão e descarga dos rios quando comparados a porção oeste, na baía de Marajó, que recebe a influência de meso a macromarés, maior índice pluviométrico e é influenciado pela descarga do rio Pará, com uma menor salinidade e maior extensão.

Na porção a leste da Ponta de Taipu ocorre um predomínio da planície lamosa de maré com presença de mangues jovens, e uma forte dinâmica morfológica e sedimentar. Ocorre uma mobilidade de forma mais significativa, com acreções, perdas por erosão e formação de novas ilhas, como ficou constatado. Nos primeiros dez anos de estudo ocorreu um aumento da área de mangue de 1,87 km² e a formação da ilha Nova. Nos quatorze anos

seguintes houve um aumento na vegetação de mangue em 1,5 km² e a formação da ilha Peruru.

As áreas mais vulneráveis à erosão foram a Ponta da Macaca, na ilha da Macaca, que teve uma perda de 123,30 metros lineares e na ilha do Marinheiro com perda de 279,38 metros lineares. Esta vulnerabilidade pode ser devido ao posicionamento destas áreas na junção da foz dos rios Mojuim com o Maru Ipanema, que podem estar funcionando como agente erosivo das áreas mencionadas acima, sendo que os sedimentos retirados podem estar sendo depositados e contribuindo para a formação das novas ilhas.

Esta mobilidade ocasionada na linha de costa deste município causa consequências para a vegetação e para a morfologia, pois a instalação do neossolo e a consequente formação da vegetação do mangue trazem modificações nos processos morfológicos, haja vista que essa vegetação produz grande quantidade de matéria orgânica, além de possuírem um sistema de raízes que aprisionam sedimentos que elevam progressivamente o nível do solo, com a consequente formação de micromodelados. Além da formação dos padrões “Escada” e “Paliteiro”. Ambos apresentam a função de modificador de relevo.

A Ponta de Taipu é um marco que separa os dois compartimentos costeiros deste município: a parte oeste que pertence ao Golfo Marajoara e a parte leste que pertence ao Litoral de Reentrâncias. Essa divisão é baseada em critérios morfológicos e morfodinâmicos.

Na porção a oeste, pelos critérios morfológicos, a linha de costa formada pelo mangue é aproximadamente retilínea no sentido sudoeste-noroeste e seccionada por pequenas embocaduras de canais de maré. Existe a presença de unidades de relevo que não há na outra área como: os bancos lamosos de intermaré acompanhando toda a linha de costa, a planície aluvial com *Avicennia sp.* que indica mudança de ambiente, os cordões arenosos subatuais que podem ser linhas de costa pretérita e a planície lamosa de maré com espécies de mangue adulta. Estes dados mostram que esta área é geomorfologicamente mais antiga que a porção a leste.

Pelos critérios morfodinâmicos, a linha de costa avança na direção na direção noroeste, fazendo com que o mangue adentre sobre o banco lamoso de intermaré, com uma taxa de

0,01% de acréscimo ao ano, sobre o controle da amplitude de maré da baía de Marajó que alcança até 4 metros.

Pelo setor leste, os critérios morfológicos mostram a ocorrência de poucas unidades de relevo, com a presença das barras arenosas e das planícies lamosas de maré na qual estas últimas apresentam espécies de mangue mais jovens, portanto são formas de relevo mais recente, que apresentam uma geometria da linha de costa muito variada, seccionada pelas embocaduras dos estuários e furos. É caracterizada por uma grande reentrância costeira (composta pelos rios Mojuim e Mocajura), que abriga um complexo de ilhas, furos e barras.

Pelos critérios morfodinâmicos, a mobilidade ocorre em múltiplas direções e é controlada pelas correntes de maré e pela posição dos talwegues dos estuários, isso faz com que haja uma alternância entre setores de erosão e de acreção na margem das ilhas com predomínio de áreas acrecionais, na qual a taxa fica em 0,15% ao ano. Nesta área ocorre o aprisionamento de areias provenientes tanto dos estuários quanto do oceano, favorecendo o desenvolvimento de múltiplas barras arenosas.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A.N. **Litoral do Brasil**. São Paulo: Metavídeo, 2005.

_____. **A Amazônia**: do discurso à práxis. São Paulo: Edusp, 2004.

_____. Fundamentos da Geomorfologia Costeira do Brasil atlântico Inter e subtropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 1. Nº 1. São Paulo, 2000. p. 27-43

ALMEIDA, S. S. Identificação, Avaliação de Impactos Ambientais e Uso da Flora em Manguezais Paraenses. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém: MPEG, 1996, v.8, p.31-46. (Série Ciências da Terra).

AMARAL, D. D.; VIEIRA, I. C. G.; SALOMÃO, R. P. et al. **Campos e Florestas das Bacias dos Rios Atua e Anajás, Ilha do Marajó, Pará**. Belém: MPEG, 2007.

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: [http:// www.ana.gov.br/aguas](http://www.ana.gov.br/aguas). 2012. Acesso em: 21 Jul. 2012.

AUGUSTINUS, P. G. E. F. Geomorphology and Sedimentology of Mangroves. In: **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**: developments in sedimentology. Org. PERILLO, G. M. E. Amsterdã. Holanda: Elsevier Science, 1995.

BARBOSA, G. V.; RENNÓ, C. V.; FRANCO, E. M. Geomorfologia da Folha S.A.22 Belém. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam**: levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: DNPM, 1974, v. 5.

BARBOSA, G. V.; PINTO, M. N. Geomorfologia da Folha S.A. 23 São Luís e parte da Folha S.A.24 Fortaleza. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam**: levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: DNPM, 1973, v. 3.

BARBOSA, E. J. S. **Unidades de Relevo em Zona Costeira Estuarina**: municípios de Colares e Santo Antônio do Tauá. 2007. 96f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Geografia, Universidade federal do Pará, Belém, 2007.

BARRADAS, D. C. M.; **Análise da Variação da Linha de Costa e dos Limites Internos do Mangue na Zona Costeira de Soure** – PA, nos Últimos 38 anos. 2008. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de geografia. Universidade federal do Pará: Belém, 2008.

BASTOS, M. N. **Caracterização das Formações Vegetais da Restinga da Princesa, ilha de Algodão**. 1996. 261f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 1996.

BASTOS, M. N. C.; SANTOS, J. U. M. Caracterização da Composição Florística de ecossistemas Naturais. In: **Reserva Extrativista Chocoré-Mato Grosso**: conhecimento e sustentabilidade. JARDIM, M. A.; ZOGHBI, M. G. B. (Orgs.). Belém: MPEG, 2011.

BERGER, A.R. The geoindicator concept and its application: an introduction. In: **Geoindicators**: assessing rapid environmental changes in earth systems. BERGER, A. R.; IAMS, W. J. (Orgs.) Rotterdam: A.A. Balkema, 1996. p.1-14.

BERREDO, J. F.; SALES, M. E. C.; COSTA, C. A. C. Características Físico-Químicas dos Solos sob Diferentes Espécies de Mangue (São Caetano de Odivelas –Pará). In: Ecossistemas Costeiros Amazônicos. **V Workshop ECOLAB**: Macapá, 2000.

BERRÊDO, J. F.; MENDES, A. C.; PROST, M. T.; SALES, M. E. C.; FAURE, J. F.; LINS, A. Efeitos das Hidrocirculações Superficiais e de Subsuperfícies sobre ecossistemas de manguezais da Costa Nordeste do estado do Pará. In: Ecossistemas Costeiros Amazônicos. **V Workshop ECOLAB**: Macapá, 2000.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução** n.º 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília: CONAMA, 2002. 1 disquete.

CERC – Coastal Engineering Research Center – U.S. Army. **Shore Protection Manual**. Washington, D.C.: Department of the Army Corps of Engineers. 1977.

CHAVEZ JR, P. J. **Image-based atmospheric corrections - revisited and improved**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1996. p. 1025–1036.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Litorânea. In: **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, 1980.

COLTRINARI, L. A geografia Física e as Mudanças Ambientais. In: CARLOS, A.F. (Org.) **Novos Caminhos da geografia**. São Paulo: Contexto, 2001. p. 27-41.

CORRÊA, I. C. S. **Aplicação do Diagrama de Pejrub na Interpretação da Sedimentação e da Dinâmica do Estuário da Baía de Marajó – PA**. Instituto de Geociências. UFRGS. Porto Alegre: Pesquisas em Geociências, 2005. p. 109-118.

DHN. **Tábua das Marés**. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Marinha do Brasil. 2012. Disponível em: <http://www.mar.mil.br>. Acesso em: 12 Ago. 2012.

_____. **Carta Náutica Nº 303**. Do Cabo Maguari a Mosqueiro. Brasil – Rio Pará. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2006.

_____. **Carta de Correntes do Brasil**. Rio Pará: de Salinópolis à Belém. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 1962.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. **Anais...** Sociedade Brasileira de Geologia. DIEGUES, F. M. F. Introdução à Oceanografia do Estuário do Rio Amazonas. In: Belém, 1973. v. 2. p. 301-318.

FAURE, J.F. **Multitemporal Analysis of Mangrove Spatial Dynamics in São Caetano de Odivelas, Pará, Brazil**. In: PROST, M. T. & MENDES, A. C. (Org.). Ecossistemas Costeiros: Impactos e gestão ambiental. Belém: MPEG, 2001. p.39-49.

FAURE, J. F.; PROST, M. T. R. C.; MENDES, A. C., Cartografia por Sensoriamento Remoto dos Recursos Naturais da Costa Nordeste do Pará: indicadores para o uso sustentável do litoral amazônico. In: MENDES, A. C.; PROST, M. T. R. C.; CASTRO, E.

(Org.). **Ecossistemas Amazônicos: dinâmicas, impactos e valorização dos recursos naturais**. Belém: MPEG, 2011. p. 359-374.

FORBES D.L.; LIVERMAN D.G.E. Geological indicators in the coastal zone. In: **Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth systems**. BERGER, A.R.; IAMS, W.J. (Orgs.). Rotterdam: A.A.Balkema, 1996. p. 175-192.

FRANÇA, C.F. **Morfologia e Mudanças Costeiras da Margem Leste da Ilha de Marajó-PA**. 2003. Tese (Doutorado em Geociências) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

FRANÇA, C.F.; SOUZA FILHO, P.W.M. Análise das Mudanças Morfológicas Costeiras de Médio Período na Margem Leste da Ilha de Marajó (PA) em Imagem landsat. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo: p. 127-136, junho de 2003.

_____. **Mudanças Morfológicas da Zona Costeira de Soure, Ilha de Marajó (PA) através de imagens multitemporais de satélite Landsat**. II ECOLAB, Belém: 2002.

FRANZINELLI, E. Contribuição a Geologia da Costa do Pará (entre as Baías de Curuçá e Maiaú). In: **SIMPOSIO DO QUATERNÁRIO DO BRASIL**. Rio de Janeiro. 1982. p. 305-323.

GIARRIZZO, T.; MENEZEZ, M. P. M. Caracterização Geobotânica da Praia do Chavascal, Bragança, Pará, Brasil. In: **WORKSHOP ECOLAB, 5**. Macapá, 2000.

GÓES FILHO, L.; VELOSO, H. P.; JAPIASSU, A. M. S. et al. **Estudo Fitogeo- gráfico da Folha SA 23 São Luiz e SA 24 Fortaleza**. IN: BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL/ PROJETO RADAM. Levantamento de Recursos Naturais. 1973.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. Geomorfologia e Unidade de Paisagem. In: **Geomorfologia Ambiental**. GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. (Orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Manual Técnico em Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

_____. **Projeto Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-SOCIAL DO PARÁ. **Estudo Ambiental do Estuário Guajarino**. Belém: IDESP, 1990.

ISSLER, R. S.; ANDRADE, A. R. F.; MONTALVÃO, R. M. G.; GUIMARÃES, G.; SILVA, G. G.; LIMA, M. I. C. Geologia da Folha S.A.22 Belém. In: BRASIL.

Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam**: levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: DNPM, 1974, v. 5.

JAPIASSÚ, A. M. S.; GÓES FILHO, L. Vegetação da Folha S.A.22 Belém. In: BRASIL. Departamento Nacional da produção Mineral. **Projeto Radam**: Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: DNPM, 1974, v.5.

JARDIM, M. A. G.; BATISTA, F. J.; MEDEIROS, T. D. S.; LOPES, I. L. M. A Floresta de Várzea: espécies arbóreas e uso. In: **Reserva Extrativista Chocoaré-Mato Grosso**: conhecimento e sustentabilidade. JARDIM, M. A.; ZOGHBI, M. G. B. (Orgs.). MPEG: Belém, 2011.

LIMA, R. R. A. **Influência da Água do Mar no Rio Pará**. Belém: FCAP, 1979. (Informe Técnico,3).

LIMA, R.R.; TOURINHO, M.M.; COSTA, J.P. **Várzeas Flúvio-Marinhas da Amazônia Brasileira**: características e possibilidades agrícolas. Belém: FCAP, 2001.

LOUBRY, D.; PROST, M. T. R. C. Structures Architecturales des Palétuviers Avicennia Germinans ET Rhizophora Mangle: Éléments diagnostics de La dynamique des mangroves sur les rives Du rio Marapanim (Etat Du Pará - Brésil). In: **Ecossistemas Costeiros**: Impactos e gestão ambiental. PROST, M. T.; MENDES, A. C.(Orgs.). Belém: MPEG, 2001. p.51-63.

LUZ, L. M. **Processos Geomorfológicos e Padrões de Sucessão de Manguezais**: o exemplo da ilha Nova. São Caetano de Odivelas (PA). 2001. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

LUZ, L. M.; PROST, M. T. R. C.; MENDES, A. C.; BERRÊDO, A. C. Interações entre Gradientes de Sucessão de Manguezais e Dinâmica Costeira: o exemplo da ilha Nova – São Caetano de Odivelas – Pará – Brasil. In: **WORKSHOP ECOLAB, 5**. MPEG: Macapá, 2000.

MARQUES DA SILVA, N. S.; CARVALHO, E. A.; MELLO, C. F. Levantamento Preliminar das Angiospermas do Manguezal da Estrada de Ajuruteua, Município de Bragança. In: **Workshop Internacional Dinâmica e Recomendações para Manejo em Áreas de Manguezais de Bragança-Pará, 3**. Belém: UFPA, NUMA, MPEG, ZMT, 1997. p.3-4

MARQUES DA SILVA, N. S.; CARVALHO, E. A.; MELLO, C. F. Estudo Preliminar da Zonação Florística no Manguezal do Rio Curupeté, Município de Curuçã- PA. In: **WORKSHOP ECOLAB, 3**. MPEG: Belém, 1995. p.106-107

MELO, M. S.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J.; SAADI, A.; MELLO, C. L. Processos e Produtos Morfogenéticos Continentais. In: **Quaternário do Brasil**. SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E.(Orgs.). Ribeirão Preto: Holos, 2005.

MELLO, C. F.; BRITO DA SILVA, A.; PERES, A. C. Contribuição ao Conhecimento da Fauna dos Manguezais Paraenses. In: **WORKSHOP ECOLAB, 3**. Belém: MPEG, 1995. p. 35-37.

MELO, C. F.; MOCHEL, F. R. **Diagnóstico para Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira Estuarina dos Estados do Piauí, Maranhão, Pará e Amapá.** Disponível em: [http:// www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br). Acesso em: 07 Abr. 2012.

MEDEIROS, J. D. **Guia de Campo:** vegetação de cerrado 500 espécies. Brasília: MMA/SBF. 2011. 532 p. Série Biodiversidade.

MENDES, A. C. Geomorfologia e Sedimentologia. In: FERNANDES M. E. B.(Org.) **Os Manguezais da Costa Norte Brasileira. Maranhão:** Fundação Rio Bacanga, 2005. p.13-31.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MOURA, P. O Relevo da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro, IBGE, ano 5, n. 3, p.3-22, jul./set. 1943.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da Zona costeira do Brasil:** elementos para uma geografia do litoral. São Paulo: Edusp, 1999.

MUEHE, D. O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação. In: CUNHA, S. B.; UERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

_____. Geomorfologia Costeira. In: **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

NORDSTRON, K. F. **Cyclic and Seasonal Beach Response:** a comparison of Oceanside and bayside beaches. *Phys. Geography.* 1980. p. 177-196.

OLIVEIRA, J. ; POTIGUARA, R. C. V.; LOBATO, L. C. B. **Fibras Vegetais Utilizadas na Pesca Artesanal na Microrregião do Salgado, PA.** Belém: MPEG, v.1, n.2, p. 113-127, maio/ago. 2006.

PCI. Geomatics Enterprises Inc. EASI/PACE user's manual, version 10.2. **PCI Geomatics Enterprises Inc.,** Richmond Hill, Ont. 2009.

PERILLO, G. M. E. Geomorphology and Sedimentology of estuaries: an introduction. In: **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries:** developments in sedimentology. PERILLO, G. M. E (Org.). Elsevier Science. Amsterdam, Netherlands, 1996.

PICANÇO, M. S. M. **Estudo Comparativo da Distribuição da Cobertura Vegetal na Zona Costeira de Soure e Salvaterra (Ilha de Marajó – PA):** através de produtos de sensoriamento remoto. 2008. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

PINHEIRO, R. V. L. **Estudo Hidrodinâmico e Sedimentológico do Estuário Guajará-Belém (PA).** 1987. 164f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade federal do Pará, Belém, 1987.

PROST, M. T. R. C.; MENDES, A. C. Dinâmica Morfosedimentar dos Manguezais Amazônicos: Guiana Francesa, Amapá e Pará. In: **Ecosystemas Amazônicos e Valorização dos Recursos Naturais**. MENDES, A. C.; PROST, M. T.; CASTRO, E. (Org.). Belém: MPEG, 2011. p. 17-33.

PROST, M.T.; MENDES, A. C.; SILVA, J. F. B. R.; SALES, M. E.; LUZ, L. M. Manguezais Paraenses: ecossistema chave para a sustentabilidade. In: **Sustainability of Estuaries and Mangroves: challenges and prospects**. CD-ROOM full Papers. Recife, Brasil: 2000.

PROST, M. T. R. C.; MENDES, A. C.; FAURE, J. F.; SALES, M. E. C.; FURTADO, L. G.; SILVA, M. G. S.; SILVA, C. A.; NASCIMENTO, I.; GORAYEB, I.; SECCO, M. F. V.; LUZ, L. M. Manguezais e Estuários da Costa Paraense: Exemplo de estudo multidisciplinar integrado (Marapanim e São Caetano de Odivelas). In: **Ecosystemas Costeiros: Impactos e gestão ambiental**. Org. PROST, M. T.; MENDES, A. C. Belém: MPEG, 2001. p.75-87.

PROST, M.T.R.C.; LOUBRY, D. Estrutura de Espécies de Manguezais e Processos Geomorfológicos: interesse da abordagem integrada. In: **Ecosystemas Costeiros Amazônicos**. V Workshop ECOLAB: Macapá, 2000. p. 147-152

PROST, M.T.R.C.; RABELO, B.V. Variabilidade Fito-Espacial de Manguezais Litorâneos e Dinâmica Costeira: Exemplos da Guiana Francesa, Amapá e Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém: MPEG, 1996, v.8, p.101-121.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

_____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003a.

_____. Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003b.

_____. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, FFLCHUSP, n. 6, 1992, p.17-29.

ROSSETTI, D.F. Ambientes Costeiros. In: **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Org. FLORENZANO, T. G. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 247-283.

ROSSETTI, D. F.; GOÉS, A. M. Geologia. In: ROSSETTI, D. F.; GOÉS, A. M. (Orgs.). **O Neógeno da Amazônia Oriental**. Belém: MPEG, 2004, p.13-48. (Coleção Friedrich Katzer.)

_____. Late cenozoic Sedimentary Evolutin in Northeasten Pará, Brazil: within the context of sea level changes. **Journal of South American Earth Sciences**, n.14, 2001. p. 77-89.

ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; GOÉS, A. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém: MPEG, 1989, v. 1, n. 1, p. 25-74. (Série Ciências da Terra).

REINECK, H. E.; SINGH, I. B.. **Depositional Sedimentary Environments**. New York, Springer-Verlag, 1980.

SANT'ANNA NETO, J. L.; NERY, J. T. Variabilidade e Mudanças Climáticas no Brasil e seus Impactos regionais. In: Souza, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005, p.28-51.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G. Mangrove development along the coast of Pará and Amapá. In: WORKSHOP ECOLAB, 3. **Anais...** Belém: UFPA, MPEG; SUDAM, 1995, p. 28-30.

SCHWARTZ, G. Manejo Sustentável de Florestas Secundárias: espécies potenciais no Nordeste do Pará, Brasil. **Amazônia: Ci&Desenv**, Belém, v.3, n. 5, p. 125-147, jul./dez. 2007.

SENNA, C.; SARMENTO, A. P. Aplicações do Sensoriamento Remoto no Mapeamento Geobotânico do Litoral NE do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém: MPEG, 1996, v. 8, p. 137-155.

SEPOF. **Base de Dados Estatísticos do Estado**. Disponível em: www@sepof.pa.gov.br. 2011. Acesso em: 20 Out.2012.

SIPAM. **Sistema de Proteção da Amazônia**. Disponível em: <http://www.sipam.gov.br/equatorial>. 2012. Acesso em: 21 Jul. 2012.

SOUZA FILHO, P.W.M. Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**. São Paulo, v.23, n.4, p 427-435. Out./dez. 2005. Disponível em: www.scielo.br/rbg. Acesso em: 12 Jun. 2012.

_____. Impactos Naturais e Antrópicos na Planície Costeira de Bragança (NE do PARÁ). In: PROST, M. T. & MENDES, A. C.(Org.). **Ecossistemas Costeiros: Impactos e gestão ambiental**. Belém: MPEG, 2001. p.75-87.

_____. **Avaliação e Aplicação de Sensores Remotos no Estudo de Ambientes Costeiros Tropicais Úmidos**, Bragança, norte do Brasil. 236f. Tese (Doutorado em Geociências) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2000.

_____. **A planície costeira Bragantina (NE do Pará): influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno**. 1995. 123f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

SOUZA FILHO, P. W. M.; PARADELLA, W. R. Estudo da Geomorfologia de Ambientes Costeiros Tropicais Úmidos a partir de Imagens de Sensores Remotos. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v.28, n. 2. p. 359–368, 2001.

SOUZA, C. R. G.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ESTEVES, L. S. et al. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: **Quaternário do Brasil**. SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E.(Orgs.). Ribeirão Preto: Holos, 2005.

SOUZA FILHO, P. W. M.; SALES, M. E. C.; PROST, M. T. R. C.; COSTA, F. R.; SOUZA, L. F. M. O. Zona Costeira Amazônica: o cenário regional e os indicadores bibliométricos em C&T. In: SOUZA FILHO, P. W. M.; CUNHA, E. R. S. P.; SALES, M. E. C.; SOUZA L. F. M. O.; COSTA, F. R. (orgs.). **Bibliografia da Zona Costeira Amazônica**: Brasil. Belém: MPEG; UFPA; PETROBRÁS, 2005, p. 9-20.

SUERTEGARAY, D. M. A.; ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E.T.; FACHINELLO, A.; CÂNDIDO, L. A.; SILVA, C. R. **Terra**: feições ilustradas. Porto Alegre: UFRGS editora, 2008.

SUGUIO, K.; ÂNGULO, R. J.; CARVALHO, A. M.; TOMAZELLI, L. J.; WILLWOCK, J. A.; VITAL, H. Paleoníveis do Mar e Paleolinhas de Costa. In: **Quaternário do Brasil**. SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E.(Orgs.). Ribeirão Preto: Holos, 2005.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais**. Sao Paulo: Oficina de Textos, 2010.

_____. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável**: as regiões litorâneas. Geologia. São Paulo: USP, v. 2, n. 1, p. 1-40, 2003. Série Didática

_____. **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**: an introduction to the study of landforms. New York: Longman, 1991.

OLIVEIRA, J.; POTIGUARA, R. C. V.; LOBATO, L. C. B. Fibras Vegetais Utilizadas na Pesca Artesanal na Microrregião do Salgado, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém: MPEG, v. 1, n. 2, p. 113-127, mai/ago. 2006.

THE OPEN UNIVERSITY. **Waves, Tides and Shallow**: water processes. Blackwell. Oxford, 1989.

VIEIRA, L. S.; OLIVEIRA, N. V. C.; BASTOS, T. X.; **Os solos do Estado do Pará**. Belém: IDESP, 1971.

WELLS, J. T. Tide-dominated Estuaries and Tidal Rivers. In: PERILLO, G. M. E. **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**. Amsterdam: Elsevier, 1996, p.179-205.

WILLWOCK, J.A.; LESSA, G. C.; SUGUIO, K. et al. Geologia e Geomorfologia de regiões Costeiras. In: **Quaternário do Brasil**. SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E.(Orgs.) Ribeirão Preto, SP: Holos, 2005.