

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E
DINÂMICA DO ESPAÇO – PPGeo

THAIS AGUIAR FRANÇA

ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA LINHA DE COSTA E DAS ÁREAS DE
MANGUEZAIS E APICUNS NO MUNICÍPIO DA RAPOSA/MA.

São Luís
2018

THAIS AGUIAR FRANÇA

**ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA LINHA DE COSTA E DAS ÁREAS DE
MANGUEZAIS E APICUNS NO MUNICÍPIO DA RAPOSA/MA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Dinâmica da natureza e conservação

Orientador: Prof. Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos

São Luís
2018

THAIS AGUIAR FRANÇA

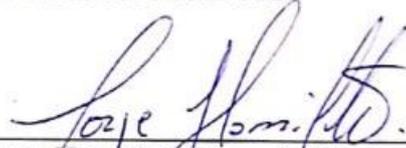
ANALISE ESPAÇO TEMPORAL DA LINHA DE COSTA E DAS ÁREAS DE
MANGUEZAIS E APICUNS NO MUNICÍPIO DA RAPOSA/MA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Geografia.

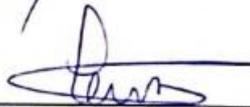
Orientador: Prof. Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos

Aprovada 04/11/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos
Doutor em Geografia (UFRJ)
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos
Doutor em Geografia (UNEP)
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Márcio Costa Fernandes Vaz dos Santos
Doutor em Geografia (UFRJ)
Pós-doutorado em Gestão de Recursos Hídricos- Albright College
Universidade Federal do Maranhão

França, Thaís Aguiar.

Análise espaço-temporal da linha de costa e das áreas de manguezais e apicuns no município de Raposa/MA / Thaís Aguiar França. – São Luís, 2018.

162 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos.

1.Morfodinâmica. 2.Linha de costa. 3.Manguezal. 4.Apicum. 5.Raposa (MA).
I.Título

CDU: 911.9:504(812.1)

*“No princípio criou Deus os céus e a terra.
Todos os rios vão para o mar, e, contudo, o mar não se enche;
Da terra procede o pão, mas por baixo é revolvida por fogo;
O Norte estende sobre o vazio; e sustenta a terra sobre o nada;
Também de umidade carrega as grossas nuvens...;
Quando deu peso ao vento, e tomou a medida das águas;
De onde vem à sabedoria? A sabedoria vem do Senhor que fez os céus e a terra!”
Gêneses 1; Jó 26- 37.*

AGRADECIMENTOS

Dedico esta secção a todos aqueles que fizeram parte no desenvolvimento desta pesquisa tornando possível sua realização. Agradeço a todos pela ajuda quando lhes foi pedida e como forma de reconhecimento, deixo minhas palavras a alguns que participaram neste trabalho:

A Deus, pelas suas infinitas misericórdias na minha vida e por ter me dado entendimento e capacidade para realização deste mestrado. A Ele seja dada toda honra, toda glória e todo louvor;

A todos os professores do Programa de Pós Geografia, pela contribuição com a pesquisa em especial a secretaria do PPGEIO Nana Alves, pelo apoio em todos os momentos e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos, pela escolha do tema, por disponibilizar os materiais necessários para o desenvolvimento do trabalho, pelas correções e alterações extremamente relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa, pelos ensinamentos, por sanar as dúvidas quando necessário, pelo seu total apoio e pela sua postura forte frente às dificuldades enfrentadas.

Ao meu querido amigo e admirável Prof^o. Dr. Marcelino Silva Farias Filho, pelo incentivo para realização do mestrado, pelas ideias e correções do projeto de pesquisa e por sempre está disponível para sanar as dúvidas da dissertação. A quem devo a maioria das conquistas desde o curso de graduação até a consumação do mestrado, pelas oportunidades de publicações graças a suas orientações, sou eternamente grata.

Algumas pessoas fundamentais para a realização das análises por geoprocessamento: ao meu amigo Prof^o. Me. Fabrício Silva pelas orientações iniciais do Geoprocessamento, pela ajuda nas análises, por disponibilizar seu tempo nas suas folgas para direcionar e compreender as metodologias desta pesquisa, por participar dos trabalhos de campo, e disponibilizar o GPS utilizado em campo, serei eternamente grata. Ao meu amigo Jonas Jansen Mendes, pela sua amizade verdadeira, por ter disponibilizado seu conhecimento e tempo nas orientações das análises de geoprocessamento, pelas ideias, por sempre está disponível para sanar dúvidas, serei eternamente grata. Ao meu amigo Bruno Neves Martins pela sua disponibilidade em ajudar e sua esposa Débora Martins pelo curso de geoprocessamento no qual foi o ponto de partida para o entendimento da metodologia da pesquisa. Ao meu amigo

Jamillyssondo Nascimento Cunha pela amizade, por sempre me ajudar em tudo que peço, pelas ideias e ajuda na elaboração dos mapas. A minha colega de curso Janilci Serra Sousa pela disponibilidade em ajudar na elaboração dos mapas, dando ideais e fornecendo dados.

Ao meu companheiro Fernando Ramos da Silva, por ter participado dos trabalhos de campo, pela paciência, companheirismo e por está ao meu lado em todos os momentos desde a aprovação no mestrado até sua conclusão, sem dúvida alguma um presente de Deus na minha vida.

A minha amiga Suellen Cristina dos Santos Apoliano Pacheco e Rafaela Cristina Pereira Leão, pela amizade, companheirismo, pelo apoio em tudo desde a graduação até o mestrado, e pela disposição em superar os desafios ao meu lado, pelas risadas, pelas viagens, por terem aparecido na minha vida e nunca mais ter saído dela.

Ao meu amigo Igor Rafael dos Santos Macedo por sempre me acompanhar nos trabalhos de campo, por sempre está disponível, e sempre está ao meu lado.

Aos meus amigos do mestrado Gustavo Alexandre Raposo, pelo companheirismo e por se disponibilizar nos trabalhos de campo. Ao meu amigo Carlos David Veiga França pela amizade, pela disponibilidade em ajudar na elaboração dos gráficos, pelas ideias, pelo incentivo, muito obrigada pelos conselhos, pelas risadas, vou sempre guardar as melhores lembranças de sua amizade, vou sentir sua falta.

Ao meu amigo Saulo Sales Araújo pela ajuda na tradução de textos e na elaboração de gráficos.

Ao meu amigo Danillo José Salazar Serra, pelas correções dos artigos, por sempre mostrar disposição em ajudar, pelos conselhos e por seu carisma.

Ao Prof^o Ulisses Denache Vieira de Sousa por disponibilizar a imagem world View ao Prof^o Dr. Fernando pelas dicas de geoprocessamento e pelas correções dos mapas.

Ao Prof^o Dr. Márcio Costa Fernandes Vaz dos Santos pela disponibilidade em sanar dúvidas, materiais de apoio, pelas orientações quando foram necessárias e pela sua atenção.

Aos meus pais e irmã por sempre me darem forças e possibilitarem a realização deste sonho.

RESUMO

Os impactos gerados pela dinâmica natural de áreas costeiras apresentam-se através da progradação e retrogradação. Estudos australianos demonstram a importância de pesquisas voltadas para o estabelecimento de indicadores. Tais estudos, recentemente, propuseram analisar o ecossistema de manguezal e apicum como um meio para monitorar mudanças em ambientes costeiros como indicadores de aquecimento global, mudança climática, efeitos de tempestades, mudanças no nível do mar, taxas de poluição e sedimentação. Insere-se no contexto destas mudanças costeiras, o Município de Raposa, caracterizado por um intenso processo de alteração na paisagem natural e elevada vulnerabilidade e dinâmica costeira afetada por diversos fatores naturais, porém que nos últimos anos vem sendo intensificada pela ação antrópica. A presente pesquisa teve por objetivo geral, analisar as alterações da linha de costa, dos manguezais e apicuns no município de Raposa, utilizando técnicas de geoprocessamento. Os fundamentos desta pesquisa apoiam-se na abordagem sistêmica para o entendimento da dinâmica da paisagem, e posterior análise da referida área numa visão integrada, dessa forma, suas particularidades, potencialidades, limitações e suas inter-relações com os componentes ambientais e sociais da paisagem. Para analisar a evolução espaço-temporal do ecossistema de mangue e apicum foi realizado o processamento através do método de álgebra de mapas, e para identificação dos setores em erosão e progradação, foi realizado a partir de duas linhas de costas distintas o cruzamento destas e posteriormente foram gerados uma série de polígonos de forma a evidenciar as regiões de ocorrência de erosão e deposição através da subtração de polígonos. Embora o município ainda apresente grandes áreas de manguezal preservadas, algumas áreas tiveram a vegetação suprimida em decorrência do tensor antrópico por meio do processo de urbanização e ocupação desordenada do município. Durante o período analisado não houve variações da feição apicum, permanecendo sua forma durante os anos analisados, com pequenas mudanças de franja, caracterizando tal feição como estável. A partir da apresentação e discussão destas unidades de paisagem como indicadores de mudanças costeiras, pode-se afirmar que dos indicadores utilizados para analisar a dinâmica da área de estudo, o ecossistema de apicum foi o único que se manteve estável durante todo o período analisado.

Palavras-Chave: Morfodinâmica. Linha de Costa. Manguezal. Apicum. Raposa - MA.

ABSTRACT

The impacts generated by the natural dynamics of coastal areas are presented through the development and retrogradation. Australian studies show the importance of research aimed at (the establishment of) indicators. These studies have recently proposed analyzing the mangrove and salt flat ecosystem as a means to monitor changes in coastal environments as indicators of global warming, climate change, storm effects, sea level changes, pollution rates, and sedimentation. In the context of these (coastal) changes, the Raposa Municipality is characterized by an intense process of alteration in the natural landscape and high vulnerability and coastal dynamics affected by several natural factors. recent years has been intensified by anthropic action. The present research has (general purpose) to analyze the changes in the coastline, mangroves and salt flats in the municipality of Raposa, using geoprocessing techniques. The fundamentals of this research are based on the systemic approach to the understanding of landscape dynamics and subsequent analysis of the area in an integrated vision, focusing in this way its particularities, potentialities, limitations and their interrelations with the environmental and social components the landscape. In order to analyze the spatial and temporal evolution of the mangrove and salt flat ecosystem, the algebra mapping process was carried out, and for the identification of the sectors in erosion and progression, a series of polygons were generated in order to show the regions of occurrence of erosion and deposition by the subtraction of polygons. Although the municipality still has large mangrove areas preserved, some areas had the vegetation suppressed as a result of the anthropic tensor through the process of urbanization and disorderly occupation of the municipality. During the analyzed period there were no variations of the salt flat feature, remaining in shape during the analyzed years, with small fringe changes, characterizing this feature as stable. From the explanation (presentation and discussion) of these landscape units as indicators of coastal changes, it can be affirmed that of the indicators used to analyze the dynamics of the study area, the salt flat ecosystem was the only one that remained stable throughout the period analyze.

Keywords: Morphodynamics. CoastLine. Mangrove.Salt Flat.Raposa MA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Modelo de geossistema proposto por Sochava (1978)	24
Figura 02	Esquema proposto por Bertrand (1972) para análise da paisagem	26
Figura 03	Proposta taxonômica de Bertrand adaptada de Tricart	28
Figura 04	Abordagem do GTP proposta por Bertrand (2007)	31
Figura 05	Nomenclatura descritiva de perfil litorâneo	36
Figura 06	Distribuição global dos mangues ao longo das seis regiões biogeográficas	41
Figura 07	Costa de macromaré de manguezais da Amazônia (CMMA)	42
Figura 08	Cenários para a resposta do manguezal ao aumento relativo do nível do mar	49
Figura 09	Atribuição de pontos de controle durante o processo de georreferenciamento da aerofotografia de 1976	62
Figura 10	Carta topografia DSG/IBGE folha 495	63
Figura 11	Resumo esquemático do método aplicado	64
Figura 12	Mapa de Setorização da Zona Costeira do Estado do Maranhão (ZCEM): Setor 1 – Golfão Maranhense, Setor 2 – Litoral oriental, Setor 3 – Litoral ocidental Setor 4 – Baixada maranhense e Setor 5 – Parcel Manuel Luís - MMA, 1996	68
Figura 13	Mapa de Localização da área de estudo	70
Figura 14	Carta estratigráfica da Bacia de São Luís	71
Figura 15	Mapa de Geologia do Município de Raposa na Ilha do Maranhão	73
Figura 16	Depósitos de mangue na Ilha do Curupu no município de Raposa	74
Figura 17	Depósito eólico costeiro (planície de deflação e dunas) no Município de Raposa	75
Figura 18	Mapa de geomorfologia da Ilha do Maranhão	77
Figura 19	Estágio morfodinâmico dissipativo	80
Figura 20	Dunas frontais na praia de Carimã	
Figura 21	Vegetação halófito representada pelas gramíneas	82
Figura 22	Mapa de Localização das esteiras de dunas na Ilha de Curupu no Município da Raposa	83

Figura 23	Área de apicum com vegetação herbácea	85
Figura 24	Bancos de areia na Baía de Curupu sendo expostos na baixar mar	86
Figura 25	Mapa de hidrografia da Ilha do Maranhão	88
Figura 26	Mosaico de fotografias evidenciando a formação de uma mesma lagoa costeira na área de estudo em dois períodos A: durante o período chuvoso; B: durante o período seco	90
Figura 27	Vista da atuação eólica na área de estudo	92
Figura 28	Mapa de Vegetação da Ilha do Maranhão	95
Figura 29	Vegetação de restinga ao entorno do campo de dunas na área de estudo	97
Figura 30	Mapa da distribuição de mangue na Ilha do Maranhão	98
Figura 31	Foto panorâmica evidenciando a ocorrência de manguezal na área de estudo	99
Figura 32	Ocupações em áreas de manguezal no Município de Raposa	101
Figura 33	Sistemas de pesca de currais na praia de Carimã	102
Figura 34	Mosaico com fotografias destacando os serviços e atrativos turísticos da Raposa	103
Figura 35	Mosaico de fotografias demonstrando aspectos da comunidade do Canto: A: Acesso a comunidade; B: Escola de ensino básico, C: Abastecimento de água; D: Fornecimento elétrico para Comunidade	104
Figura 36	Unidades de Paisagem do município de Raposa no ano de 1976	107
Figura 37	Quantificação das unidades de paisagem no ano de 1976	108
Figura 38	Mapa de Unidades de Paisagem do município de Raposa no ano de 2010	110
Figura 39	Quantificação das unidades de paisagem no ano de 2010	111
Figura 40	Quantificação das unidades de paisagem no ano de 2015	112
Figura 41	Mapa de Unidades de Paisagem do município de Raposa no ano de 2015	113
Figura 42	Supressão de vegetação secundária para implantação de cultivos agrícolas açudes do ano de 2010 para o ano de 2015	115
Figura 43	Zona de contato entre as dunas móveis e outros ecossistemas na Ilha de Curupu	116
Figura 44	Áreas de mangue mapeadas a partir do fotomosaico de 1976 e das imagens de satélite de 2010 e 2015	117

Figura 45	Mapa da evolução do ecossistema de manguezal do município da Raposa (1976-2010)	121
Figura 46	Mapa da evolução do ecossistema de manguezal do município da Raposa (1976-2015)	123
Figura 47	Mosaico com fotografias de campo mostrando o avanço das dunas sobre o manguezal na Ilha de Crurupu	126
Figura 48	Mapa da Evolução do ecossistema de manguezal do município da Raposa (2010-2015)	128
Figura 49	Análise comparativa da área do ecossistema de manguezal dos anos de 1976, 2010 e 2015	129
Figura 50	Áreas de Apicum mapeadas a partir do fotomosaico de 1976 e das imagens de satélite de 2010 e 2015	132
Figura 51	Mapa da Evolução dos Apicuns no período de 1976-2010	134
Figura 52	Mapa da Evolução dos apicuns no período de 1976-2015	136
Figura 53	Mapa da Evolução dos apicuns no período de 2010-2015	138
Figura 54	Mapa com as respectivas linhas de costa do Município de Raposa referente aos anos de 1976, 2010 e 2015	142
Figura 55	Mapa de Análise evolutiva da linha de costa do município de Raposa no período de 1976 a 2010	144
Figura 56	Mapa de Análise evolutiva da linha de costa do município de Raposa no período de 1976 a 2015	146
Figura 57	Mapa de Análise evolutiva da linha de costa do município de Raposa no período de 2010 a 2015	148
Figura 58	Obras de proteção costeira no município de Raposa	149
Figura 59	Mosaico de fotografias evidenciando a supressão da vegetação de manguezal nas margens do canal da Raposa	150

LISTA DE SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente	43
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	57
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais	57
DSAS	Digital Shoreline Analysis System	36
EPR	End Point Rate	36
GI- GERCO	Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro	53
GTP	Geossistema (Source), Território (Resource) e Paisagem (Ressourcement)	28
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas	45
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	52
LMS	Least Median of Squares	36
LRR	Linear Regression Rate	36
NMRM	Nível relativo do mar	45
NSM	Net Shoreline Movement	36
SEMA	Secretária de Meio Ambiente	57
SIGS	Sistemas de Informações Geográficas	33
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste	57
SCE	Shoreline Change Envelope	36
TGS	Teoria Geral dos Sistemas	21
USAF	Força Aérea dos Estados Unidos	57
ZC	Zona Costeira	55
ZCEM	Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão	64

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 01	Síntese das consequências da erosão costeira	58
Gráfico 01	Proporção da população residente em área costeira, segundo as grandes regiões – 2010	55
Gráfico 02	Proporção da população residente em área costeira, segundo as Unidades da Federação – 2010	56
Gráfico 03	Precipitação total da Ilha do Maranhão	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Área de manguezal durante o período (1976-2010)	120
Tabela 02	Quantificação da evolução do ecossistema de manguezal (1976-2010)	120
Tabela 03	Área de manguezal durante o período (1976-2015)	122
Tabela 04	Quantificação da evolução do ecossistema de manguezal (1976 -2015)	122
Tabela 05	Área de manguezal durante o período (2010-2015)	128
Tabela 06	Quantificação da evolução do ecossistema de manguezal (2010 -2015)	128
Tabela 07	Área de apicum durante o período (1976-2010)	134
Tabela 08	Quantificação evolutiva dos apicuns (1976-2010)	134
Tabela 09	Área de apicum durante o período (1976-2015)	136
Tabela 10	Quantificação evolutiva dos apicuns (1976-2015)	136
Tabela 11	Área de apicum durante o período (2010-2015)	138
Tabela 12	Quantificação evolutiva dos apicuns (1976-2015)	138

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 PAISAGEM E GEOSSESTEMA	21
2.1.1 O enfoque sistêmico como aporte teórico para a abordagem geossistêmica da paisagem	23
2.1.2 Da visão geossistêmica russa para a francesa: Sotchava e Bertrand	23
2.1.3 A abordagem sistêmica como subsídio para análise da fragilidade ambiental das zonas costeiras	31
2.2 GEOTECNOLOGIAS E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM COSTEIRA	36
2.2.1 Evolução da linha de costa e o uso dos SIGS	36
2.2.2 Sistemas costeiros e o ecossistema de manguezal	40
2.2.3 Definição da zona de apicum e sua importância ecológica	45
2.2.4 O manguezal e o apicum como indicadores de mudanças costeiras	48
2.2.5 Aspectos legais relacionados ao manguezal e apicum	52
2.2.6 Dinâmica geoambiental da zona costeira e processos erosivos	55
3 METODOLOGIA	60
3.1 Procedimentos metodológicos	60
3.2 Levantamento bibliográfico e cartográfico	60
3.3 Levantamento e análise de campo	61
3.4 Elaboração e análise de banco de dados em SIG	61
3.4.1 Mosaico e georreferenciamento da aerofotografia de 1976	61
3.4.2 Vetorizações	62
3.4.3 Mapeamento da evolução do ecossistema de manguezal e apicum	64
3.4.4 Mapeamento da evolução da linha de costa	64
4 OBJETIVOS	66
4.1 Geral	66
4.2 Específicos	66
5. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA	67
5.1 Localização e Situação	67
5.2 Aspectos geológicos	71
5.3 Aspectos geomorfológicos	76
5.4 Aspectos hidrográficos	87

5.5 Aspectos climáticos	90
5.6 Aspectos oceanográficos	93
5.7 Vegetação	94
5.9 Aspectos Humanos, Sociais e Econômicos	100
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	105
6.1 Dinâmica das unidades de paisagem de 1976 a 2010	106
6.1.1 Unidades de paisagem no ano de 1976	107
6.1.2 Unidades de paisagem no ano de 2010	109
6.1.3 Unidades de paisagem no ano de 2015	111
6.1.4 Análise das mudanças da paisagem	114
6.2 Distribuição espaço temporal do ecossistema manguezal do município de Raposa de 1976 a 2015	117
6.3 Distribuição espaço temporal dos apicuns do município de Raposa de 1976 a 2015	132
6.4 Variação da linha de costa do município de Raposa de 1976 a 2015	141
6.5 Impactos e efeitos socioambientais dos processos de progradação e retrogradação da linha de costa e medidas mitigadoras para subsidiar o planejamento integrado da zona costeira do município de Raposa.	152
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	155
REFERÊNCIAS	158

1 INTRODUÇÃO

As zonas costeiras caracterizam-se por serem ambientes altamente dinâmicos, onde atuam diversos processos erosivos e de deposição. Dessa forma, os estudos geográficos, no que tange as zonas costeiras, podem ser feitos a partir da escala temporal de longo prazo e curto prazo, podendo assim contribuir de forma significativa para o planejamento racional dos recursos naturais e a configuração da paisagem.

Os estudos geográficos, no tocante as zonas costeiras contribui de forma significativa para o planejamento racional dos recursos naturais e para a análise dos fatores e processos responsáveis pelos dinamismos dessas áreas, identificando as intervenções do homem na sua modelagem, tendo em vista que os ambientes naturais encontravam-se em estado de estabilidade até que as sociedades humanas passaram a apropriar-se dos recursos naturais com mais intensidade em razão da incorporação de novas técnicas.

As intervenções do homem na organização do espaço costeiro evidenciam indícios de desequilíbrio ambiental tornando necessário o seu estudo integrado, visando adequar as transformações impostas pelo homem às potencialidades do meio natural sendo necessário o estudo dos principais agentes e processos modeladores da paisagem local, além da caracterização dos condicionantes naturais do espaço.

O processo de ocupação no ambiente costeiro altera de forma significativa a dinâmica da paisagem, principalmente o dinamismo de processos atuantes de perda (erosão) e ganho (deposição) de sedimentos, que mantém o equilíbrio natural do balanço sedimentar. Esse ambiente corresponde ao sistema de maior complexidade ambiental, onde ocorre a interação dos agentes terrestres, oceânicos e atmosféricos, constituindo assim uma das áreas de maior troca de matéria e energia da Terra.

Os impactos gerados pela dinâmica natural de áreas costeiras podem ser monitorados através das mudanças na linha de costa cuja movimentação apresenta-se através dos processos de progradação e retrogradação estando associados, por exemplo, ao afogamento e soterramento de manguezais, destruição de casas, além de migração de canais de maré podendo ser acelerados pela ação antrópicas a partir do uso e ocupação desordenado, obras de engenharia costeira como a construção de espigões, quebra-mares, molhes, etc. Para analisar a dinâmica da linha de costa em uma escala espaço temporal adota-se o uso de indicadores. Segundo Schweitzer (2013), os indicadores da posição da linha de costa são feições morfológicas, visuais ou antrópicas, que podem ser

assumidas como a representação da verdadeira posição dessa linha em um determinado momento do tempo.

Associados aos processos de progradação e retrogradação destacam-se o ecossistema de manguezal, que apresenta elevada biodiversidade e resiliência aos impactos ambientais, porém pode reduzir sua capacidade de respostas às modificações impostas. Associado ao ecossistema de manguezal encontra-se o ecossistema de Apicum que está conectado ao manguezal arbóreo pelo fluxo de nutrientes, cujos limites são estabelecidos pelo nível médio das preamares de sizígia. Atualmente, apesar da importância dos apicuns, ainda existem poucos estudos que contribuem para determinar os padrões de distribuição desse ecossistema ao longo da zona costeira e qual sua contribuição como indicador no monitoramento de mudanças morfológicas costeiras.

Inserido no contexto das mudanças costeiras, o Município de Raposa, que se caracteriza por um intenso processo de alteração na paisagem natural e elevada vulnerabilidade e dinâmica costeira afetada por diversos fatores naturais, porém, nos últimos anos vem sendo intensificada. Arelado a isso, está à carência de estudos que contemplem os processos de mudança de linha de costa e a análise evolutiva do ecossistema de manguezal e apicum.

Sendo assim, o presente estudo apresenta significativa relevância no que diz respeito à compreensão da morfodinâmica costeira e sua atuação na transformação em várias escalas temporais e espaciais, a partir do mapeamento das unidades de paisagem litorâneas como indicadores de tais mudanças. Destaca-se nesse contexto, a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que abordem a dinâmica costeira da área de estudo para subsidiar ações que venham a ser executadas no município de Raposa.

O monitoramento costeiro fornecerá registros sobre a direção e a área das mudanças da linha de costa em análise, e conseqüentemente, a identificação dos setores sujeitos a erosão e/ou acresção, bem como a evolução do ecossistema de manguezal e apicum em uma escala espaço-temporal. Nesta perspectiva, são relevantes os estudos dos processos de erosão ou deposição dos sedimentos na área costeira do município de Raposa, tendo em vista, que o grande aporte de sedimentos arenosos pode provocar o deslocamento do canal da Raposa e dessa forma ocasionar prejuízos socioeconômicos e ambientais para a população local, como a redução das margens do canal, da vegetação de mangue, destruição do atracadouro e das casas dos moradores próximas ao referido canal principal. Sendo assim, essas análises podem auxiliar os diagnósticos, prognósticos e/ou futuros planejamentos visando à preservação ou conservação desse ambiente costeiro, uma vez que, tais processos podem ser condicionados por fatores

naturais, mas que também podem ser intensificados pelas atividades antrópicas atualmente existentes na área em questão.

O presente estudo foi norteado pela análise da dinâmica da paisagem em uma abordagem sistêmica para se compreender os fatores, agentes e processos modeladores da paisagem, tendo em vista que através desta abordagem será possível compreender as inter-relações entre o homem e o meio em uma escala espaço-temporal no intuito de diagnosticar até que ponto as evidências antropogênicas afetam a funcionalidade dos ecossistemas.

No contexto do desenvolvimento do estudo, o segundo capítulo trata da abordagem como aporte teórico para a abordagem geossistêmica da paisagem, trazendo a discussão dos conceitos fundamentais dessa abordagem nas escolas Russa e Francesa, bem como uma análise da fragilidade ambiental das zonas costeiras sob a óptica sistêmica. Outro aspecto destacado nesse capítulo consiste no uso de geotecnologias na evolução da paisagem costeira, ressaltando os métodos de análise de linha de costa, as dinâmicas do ecossistema de manguezal e apicum. O terceiro capítulo trata dos procedimentos utilizados para alcançar os objetivos propostos e é estruturado a partir da revisão bibliográfica até os procedimentos para a elaboração dos mapas temáticos, destacando a base de dados cartográficas bem como os softwares utilizados. O quarto apresenta os objetivos gerais e específicos a serem alcançados. Por outro lado, o quinto capítulo traz os elementos da caracterização geográfica da área de estudo, correlacionando os fatores ambientais de ordem abiótica e biótica, além de destacar o contexto histórico do município de Raposa, sublinhando o papel desempenhado pela sociedade na modificação do quadro natural. E por fim o sexto capítulo apresenta as análises das unidades de paisagem da área de estudo nos períodos de 1976-2010; 1976-2015 e 2010-2015, contemplando também a evolução da linha de costa do ecossistema de manguezal e apicum, além dos impactos e efeitos socioambientais dos processos de progradação e retrogradação da linha de costa e medidas mitigadoras para subsidiar o planejamento integrado da zona costeira do município de Raposa

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Paisagem e Geossistema

2.1.1 O enfoque sistêmico como aporte teórico para a abordagem geossistêmica da paisagem.

A complexidade da noção de sistema vem acompanhando as ciências desde os tempos antigos. Na geografia física constitui uma das bases teóricas mais difundidas na década de 50, quando temos o surgimento da Teoria Geral dos Sistemas proposta por Ludwig Von Bertalanffy, buscando compreender a interação entre os fenômenos e os elementos que o compõe, conforme aponta Capra (1996) que a abordagem sistêmica foi preconizada por Bertalanffy e R. Defay por volta dos anos de 1930, com aplicações na biologia e na termodinâmica, sendo considerados os pioneiros da teoria dos sistemas.

Para Bertalanffy (1976), a Teoria Geral dos Sistemas identifica as propriedades, princípios e leis dos sistemas em geral, independente do tipo de cada um, da natureza de seus elementos, componentes e das relações ou forças entre eles abrangendo uma grande área, e ao tratar de áreas muito limitadas, há necessidade de trabalhar com as subdivisões como geofácies e geotopos.

Nesse sentido os sistemas ambientais podem ser organizados como sistema abertos onde há transferência de matéria e energia, sendo definido de acordo com Christofolletti (1980) como um conjunto dos elementos e das relações entre si e seus atributos. Essa teoria propõe uma abordagem holística dos fenômenos naturais, acabando com a particularização dos estudos científicos e, além disso, outro ponto fundamental dessa teoria é a de que esses sistemas funcionam através de um equilíbrio dinâmico, sendo esse equilíbrio quebrado com novo aporte de matéria e energia no sistema (num feedback constante), que busca uma nova situação de equilíbrio nessa nova situação (CHRISTOFOLETTI, 1990).

A Teoria Geral dos Sistemas influenciou inicialmente a Ecologia com Tansley ao conceituar ecossistema e em seguida outras ciências cujas discussões permeiam o estudo dos aspectos físicos da Terra. Na Geografia Física, a aplicação da visão sistêmica data dos anos 1950, utilizada em pesquisas de cunho hidrológico e climatológico. Na Geomorfologia, é introduzida nos anos 1960 conforme aponta Christofolletti (1980) através das contribuições de John T. Hack (1960), Richard J. Chorley (1962) e Alan D. Howard (1975).

Ainda nesse contexto, Richard Chorley e Brian Berry no começo da renovação quantitativa utilizavam os sistemas para organizar representações de

fenômenos, buscando cálculos das trocas de matéria e energia que eram testados em laboratórios, quando possível que resultava em espacializações cada vez mais precisa.

Para Christofolletti (1980), no estudo da composição dos sistemas, vários aspectos importantes devem abordados, tais como a matéria, a energia e a estrutura. A matéria seria correspondente ao material que vai ser mobilizado através do sistema; a energia corresponde às forças que fazem o sistema funcionar, gerando a capacidade de realizar trabalho, cabendo a distinção entre energia potencial e cinética. A energia potencial representada pela força inicial responsável pelo funcionamento do sistema, como por exemplo, a gravidade que desencadeia a movimentação do material e a partir daí surge à energia cinética ou energia do movimento.

No que tange a estrutura do sistema, Christofolletti (1980), destaca que esta é constituída pelos elementos (unidade básica do sistema) e suas relações expressando-se através do arranjo de seus componentes e evidenciando conforme a escala que se pretende trabalhar que cada sistema passa a ser um subsistema quando se analisa um fenômeno em escala maior.

Quanto ao grau de relação com o meio, considerando um critério funcional os sistemas são classificados em isolados e não isolados conforme Forster Rapoport e Trucco. Os sistemas isolados são aqueles que não recebem nenhuma energia ou matéria do ambiente e sua perspectiva favorece a abordagem dos fenômenos através do tratamento evolutivo e histórico (CHRISTOFOLETTI, 1980). No que concerne aos não isolados podem ser divididos em fechados e abertos: nos fechados ocorre troca apenas de energia, e nos abertos existe troca de energia e de matéria.

Nos sistemas naturais predominam os sistemas abertos. Estes apresentam um constante fluxo de entrada e de saída de matéria e energia, onde a interação entre os seus diversos atributos permite a identificação dos condicionantes responsáveis pela dinâmica da paisagem.

Em contra partida, considerando a complexidade estrutural, Chorley e Kennedy segundo christofolletti (1980), distinguem outros sistemas, nos quais quatro pertencem a Geomorfologia: os sistemas morfológicos que podem distinguir medir e correlacionar às variáveis geométricas e as de composição; os sistemas em sequência, caracterizados por uma cadeia de subsistemas cuja saída (output) de matéria e energia de um subsistema torna-se a entrada (input) para o subsistema seguinte; os sistemas de processos- respostas formados pela combinação dos sistemas em sequência (que indicam o processo) e os sistemas morfológicos (que indicam a forma), identificando as relações entre o processo e as formas que dele resultam; e por fim os sistemas

controlados que são aqueles que apresentam a atuação do homem sobre os sistemas de processos-respostas, modificando o fluxo de matéria e energia.

Dessa forma os sistemas são caracterizados por seus elementos ou unidades; suas relações – os elementos dependem um dos outros, através de ligações que denunciam os fluxos; seus atributos – são as qualidades atribuídas a um sistema para que se possa dar-lhe características, tais como comprimento, área, volume, composição ou densidade dos fenômenos observados; entrada (input); saída (output) (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Portanto, “é necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente estudado isoladamente e quando tratado no todo” (BERTALANFFY, 1975, p.53).

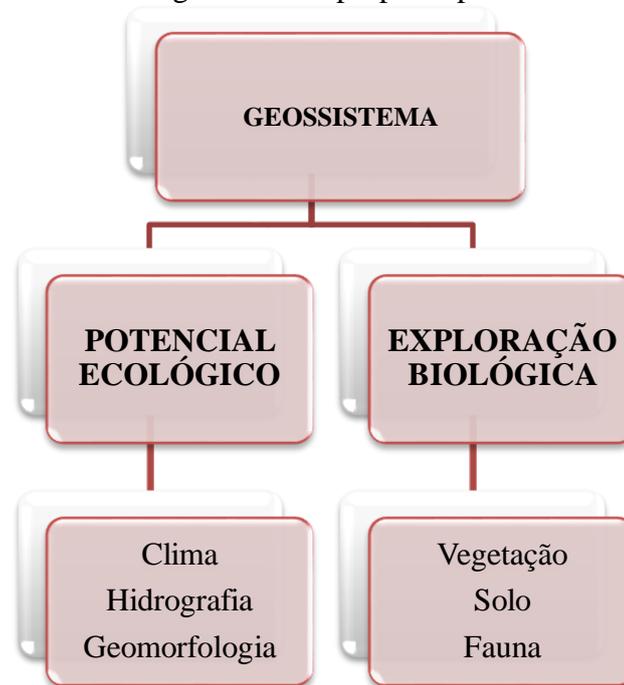
2.1.2 Da visão geossistêmica russa para a francesa: Sotchava e Bertrand

A partir da TGS surge a Teoria Geossistêmica, que na geografia foi elaborada a princípio por Sotchava que, em 1960, que criou o termo GEOSSISTEMA - Sistema Geográfico ou Complexo Natural Territorial, que por sua vez, seria o resultado da combinação de fatores geológicos, climáticos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos associados a certo(s) tipo(s) de exploração biológica. Sotchava caracterizando-o como um sistema dinâmico com trocas de massas e energia com o exterior além de mudanças de estado em função do tempo, destacando o papel desempenhado pela sociedade na modificação do seu aspecto natural, integrando, dessa forma, os componentes bióticos, abióticos e antrópicos.

Sotchava (1978) apresentou a abordagem geossistêmica como um modelo teórico e conceitual destinado a identificar, interpretar e classificar a paisagem terrestre, vista como uma classe peculiar dos sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados.

Segundo Sochava (1978), os geossistemas são os sistemas naturais nos quais o substrato mineral, o solo, as comunidades de seres vivos, a água e as massas de ar, particulares às diversas subdivisões da superfície terrestre, são interconectados por fluxos de matéria e de energia, em um só conjunto, ou seja, o geossistema seria o potencial ecológico de determinado espaço onde há uma exploração biológica (Figura 01).

Figura 01-Modelo de geossistema proposto por Sochava (1978).



Fonte: Elaborado pela autora.

Sotchava (1978) apresenta uma hierarquia estrutural dividida em ordem dimensional, sendo os níveis planetário, regional e topológico, que por sua vez estariam distribuídos em geômeros e geócoros em relação de interdependência. Nesse sentido Sochava (1977) considera os princípios de homogeneidade e diferenciação. No processo de desenvolvimento natural do geossistema funcionam ao mesmo tempo os processos de homogeneidade e diferenciação, sendo que todas as classes de geossistemas com estrutura homogênea são classificadas como geômeros, e os de estruturas diferenciadas, porém, interligadas espacialmente são denominadas de géocoros.

Para Sochava (1978), nas áreas homogêneas ocorrem as biogeocenoses (geômeros elementares), sendo estas os pontos de partida para classificação dos geossistemas, bem como áreas diferenciadas (geócoros elementares) que asseguram um mínimo de ligações para a existência dos geossistemas.

Essa classificação proposta por Sochava considera os grandes complexos das paisagens naturais, ideia advinda das proposições do naturalista russo Vasiliy V. Dokuchaev que dividiu o planeta terra em zonas horizontais, em função da latitude e em zonas verticais em função da altitude, surgindo assim, uma classificação das grandes

faixas de paisagens da superfície terrestre em decorrência da atuação de fatores cósmicos (movimentos orbitais) e atmosféricos (clima) que por sua vez, influenciam fatores de ordem geológica e geomorfológica.

No que se refere ao ecossistema, o autor evidencia sua diferença em relação ao geossistema, para que não haja associação entre estes, tendo em vista, que ambos apresentam diferentes dimensões e são expressos em diferentes categorias espaciais. Nesse contexto, Sotchava (1977), afirma que os ecossistemas são complexos monocêntricos (biocêntricos) nos quais o ambiente natural e suas bases abióticas são examinados do ponto de vista de suas conexões com os organismos, sendo seu conceito biológico. Em contrapartida os geossistemas são policêntricos, abrangendo complexos biológicos, e em comparação com os ecossistemas, têm capacidade vertical consideravelmente mais ampla.

Nesse sentido, Sotchava (1977) destaca que embora os geossistemas sejam fenômenos naturais os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomados em consideração durante seu estudo sendo a hierarquia a construção mais importante da sua feição.

Sotchava diferentemente de Bertrand não inclui o homem como parte integrante do geossistema. Para o autor não é porque a ação antrópica altera os elementos e os fluxos de matéria ou energia nos geossistemas que o homem passou a ser seu elemento componente, uma vez que, os Geossistemas rearranjam as novas condições dos fluxos de matéria e energia. Dessa forma, Sotchava (1977) afirma que os elementos sociais, econômicos e tecnogênicos, envolvendo a sociedade humana, não registram a noção desse ambiente geográfico, podendo ser examinados, apenas, como fatores da dinâmica do geossistema.

Troppmair e Galina (2006) destacam que ao criar o termo “GEOSSISTEMA” Sotchava o deixou bastante vago e flexível. Por este motivo vários geógrafos utilizaram e empregaram o termo com conteúdo, metodologia, escala e enfoque diferente, já que para Sotchava o geossistema podia ter qualquer dimensão, desde o sopé de uma encosta até o geossistema planetário. Tal autor também recebeu críticas por não apresentar claramente os critérios para classificação e subdivisão do Geossistema, tornando-se um conceito teórico de difícil aplicação prática e pela falta de exemplos mais precisos e dialéticos, portanto, menos verbais e vagos, na concepção de alguns pesquisadores, como, por exemplo, do Francês Bertrand (1968) e Tricart (1982).

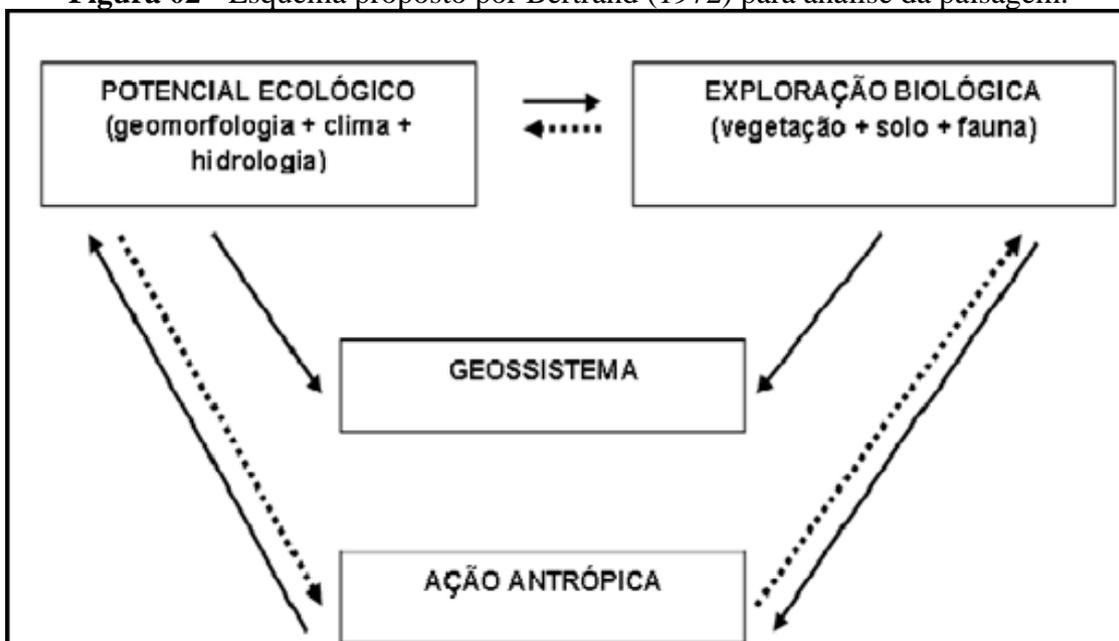
Ainda nesse contexto, Ferreira (2010), afirma que a crítica ao modelo geossistêmico de Sotchava seria a imprecisão dos recortes espaciais expressado na

ausência taxonômica, tendo em vista que a noção de escala temporo-espacial é indispensável para o estudo das paisagens.

Por outro lado, no intuito de suprir com as lacunas conceituais e escalares deixadas pela escola russa, surge na escola francesa os estudos de Bertrand (1968) que conceituou geossistema como um sistema aberto, hierarquicamente organizado, formado pela combinação dinâmica e dialética, portanto instável, de fatores físicos, biológicos e antrópicos.

O geossistema resulta, segundo o autor, da combinação dinâmica do potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), da condição de exploração biológica natural (vegetação, solo, fauna) e de atividades humanas (Figura 02) dando maior importância à dinâmica social junto aos processos naturais do geossistema.

Figura 02 - Esquema proposto por Bertrand (1972) para análise da paisagem.



Fonte: Bertrand (1972).

O geossistema se encaixa dentro de três dimensões de espaço, é definido pela sua massa, ou seja, por certa quantidade de material, e energia interna. Existem três tipos de componentes: abióticos (litosfera, atmosfera, hidrosfera) formando o geoma; bióticos, ou biomassa (flora e fauna) que constituem o bioma e componentes antropogênicas (BEROUTCHACHVILI e BERTRAND, 1978, p. 172, tradução nossa).

De acordo com Bertrand (1972) o Geossistema é constituído por três conjuntos diferentes: o geomorfogenético, a dinâmica biológica e a exploração antrópica. Segundo o autor em todo Geossistema há exploração biológica desde formas mais simples, como pequenos ecossistemas, até complexas organizações espaciais

naturais ou implantadas pelo homem, que alteram além da dinâmica, as interrelações e as estruturas do sistema.

Não obstante, o funcionamento do geossistema em contraste com o modelo de ecossistema não se trata apenas do funcionamento biológico, ou seja, a metabolismo (fluxo de material e de energia que passa através da cadeia alimentar), mas o funcionamento físico em geral, o biótico e o Abiótico. (BEROUTCHACHVILI e BERTRAND, 1978, p. 173, tradução nossa). Nessa perspectiva os autores distinguem:

- A transformação da energia solar, utilizado apenas por fotossíntese (levando em consideração todo o equilíbrio térmico e o balanço de radiação o geossistema);
- A energia gravitacional, que compreende água circulante, queda das folhas, diferentes processos de erosão relacionada com a gravidade (tálus, etc);
- O ciclo de água no interior do geossistema (precipitação, evapotranspiração, escoamento, etc.);
- Os ciclos biogeoquímicos, que comandam as transformações em trocas quantitativas e qualitativas, por exemplo, a transformação de matéria viva por umidificação e mineralização;
- Os processos geomorfogenéticos que mudam acidentes geográficos e volumes de rocha;
- O movimento da massa de ar (vento, mudança pressão, etc.).

Na busca pela definição da paisagem Bertrand estabelece um sistema taxonômico, considerando como principal critério a escala tempôro-espacial de A. Cailleux e J. Tricart, (Figura 03) tendo em vista que para o autor a delimitação da escala é etapa fundamental no estudo dos geossistemas.

Nessa perspectiva Bertrand (1971) define uma classificação em função da escala temporo-espacial, em ordem decrescente: a zona, o domínio, a região (unidades superiores) o geossistema, o geofácies e o geótopo (unidades inferiores) classificados a partir de critérios biogeográficos e antrópicos, que por sua vez são trabalhadas em uma escala socioeconômica, onde se encontra a maioria dos fenômenos da paisagem.

Sendo assim, Bertrand analisa o homem e a natureza na mesma hierarquia, que de acordo com sua concepção no seio de um mesmo sistema taxonômico (Figura 03), os elementos climáticos e estruturais são básicos nas unidades superiores (G. I a G. IV) e os elementos biogeográficos e antrópicos nas unidades inferiores (G. V a G. VIII). Dessa forma, o sistema taxonômico deve permitir classificar as paisagens em função da

escala, isto é, situá-las na dupla perspectiva do tempo e do espaço (BERTRAND, 2004, p. 144).

Figura 03- Proposta taxonômica de Bertrand (1968) adaptada de Tricart.

UNIDADES DA PAISAGEM	ESCALA TEMPORO-ESPACIAL (A. CAILEUX J. TRICART)	EXEMPLO TOMADO NUMA MESMA SÉRIE DE PAISAGEM	UNIDADES ELEMENTARES				
			RELEVO (1)	CLIMA (2)	BOTÂNICA	BIOGEOGRAFIA	UNIDADE TRABALHADA PELO HOMEM (3)
ZONA	G I grandeza G. I	Temperada		Zonal		Bioma	Zona
DOMÍNIO	G. II	Cantábrico	Domínio estrutural	Regional			Domínio Região
REGIÃO NATURAL	G. III-IV	Picos da Europa	Região estrutural		Andar Série		Quarteirão rural ou urbano
GEOSSISTEMA	G. IV-V	Atlântico Montanhês (calcário sombreado com faixa higrófila a <i>Asperula odorata</i> em "terra fusca")	Unidade estrutural	local		Zona equipotencial	
GEOFÁCIES	G. VI	Prado de ceifa com <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito morânico			Estádio Agrupamento		Exploração ou quarteirão parcelado (pequena ilha ou cidade)
GEÓTOPO	G. VII	"Lapiés" de dissolução com <i>Aspidium lonchitis</i> em microsolo úmido carbonatado em bolsas		Microclima		Biótopo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

NOTA: As correspondências entre as unidades são muito aproximadas e dadas somente a título de exemplo.

1 - conforme A. Cailleux, J. Tricart e G. Viers; 2 - conforme M. Sorre; 3 - conforme R. Brunet.

Fonte: Bertrand (2004).

Bertrand (2004) define a Zona pelo seu clima e seus "biomas", acessoriamente por certas megaestruturas que corresponde a um nível de grandeza em escala planetária, como exemplo, a zona temperada. Já o Domínio corresponde à escala continental, sendo que sua definição deve ficar suficientemente maleável para permitir reagrupamentos diferentes nos quais a hierarquia dos fatores pode não ser a mesma, como por exemplo, o domínio alpino e por fim a Região corresponde a manifestações de médio e grande porte.

Por outro lado, Bertrand (2004) caracteriza as unidades inferiores, primeiramente o geossistema, como sendo uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. É nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo, constituindo uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana. No interior de um mesmo geossistema, o geofácies corresponde então a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema e, o geótopo seria uma microforma no interior do geossistema e dos geofácies, correspondendo à menor

unidade geográfica homogênea diretamente discernível ao terreno, uma particularidade do meio ambiente.

A partir da noção de escala, Bertrand classifica as tipologias de paisagens inspirado na teoria de biorestasia de HERHART distinguindo sete tipos de geossistemas reagrupados em dois conjuntos dinâmicos diferentes: os geossistemas em biostasia e os geossistemas em resistasia.

Os geossistemas em biostasia correspondem a paisagens onde a atividade geomorfogenética é fraca ou nula cujo potencial ecológico é mais ou menos estável. Nessa tipologia o sistema de evolução é dominado pelos agentes e os processos bioquímicos e a intervenção antrópica podem provocar uma dinâmica regressiva da vegetação e dos solos, mas ela nunca compromete gravemente o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica.

Bertrand (2004) ressalta que os geossistemas em biostasia classificam-se de acordo com sua maior ou menor estabilidade em:

- *Geossistemas “climáticos”, “plesioclimáticos” ou “subclimáticos”* que correspondem a paisagens onde o clímax é mais ou menos bem conservado, onde a intervenção humana de caráter limitado, não compromete o equilíbrio de conjunto de geossistema. No caso de um desmatamento ou mesmo de um acidente “natural” (corrida de lama), observa-se bem rapidamente uma reconstituição da cobertura vegetal e dos solos; o potencial ecológico não parece modificado.

- *Geossistemas “paraclimáticos”* aparecem no decorrer de uma evolução regressiva, geralmente de origem antrópica, logo que se opera um bloqueamento relativamente longo ligado a uma modificação parcial do potencial ecológico ou da exploração biológica. A evolução não pode prosseguir senão artificialmente para outra forma de clímax (reflorestamento com resinosas após aração profunda).

- *Geossistemas degradados* com dinâmica progressiva são bem frequentes nas montanhas temperadas úmidas submetidas ao êxodo rural. Os territórios rurais cultivados passam ao abandono, com “landes”, capoeiras e retorno a um estado florestal que é, na maior parte dos casos, diferente da floresta-clímax.

- *Geossistemas degradados com dinâmica regressiva* sem modificação importante do potencial ecológico representam as paisagens fortemente humanizadas onde a pressão humana não afrouxou ainda.

Nos geossistemas em resistasia, a geomorfogênese domina a dinâmica global das paisagens. A erosão, o transporte e a acumulação dos detritos de toda a sorte (húmus, detritos vegetais, horizontes pedológicos, mantos superficiais e fragmentos de

rocha in loco) levam a uma mobilidade das vertentes e a uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico (BERTRAND, 2004, p. 150).

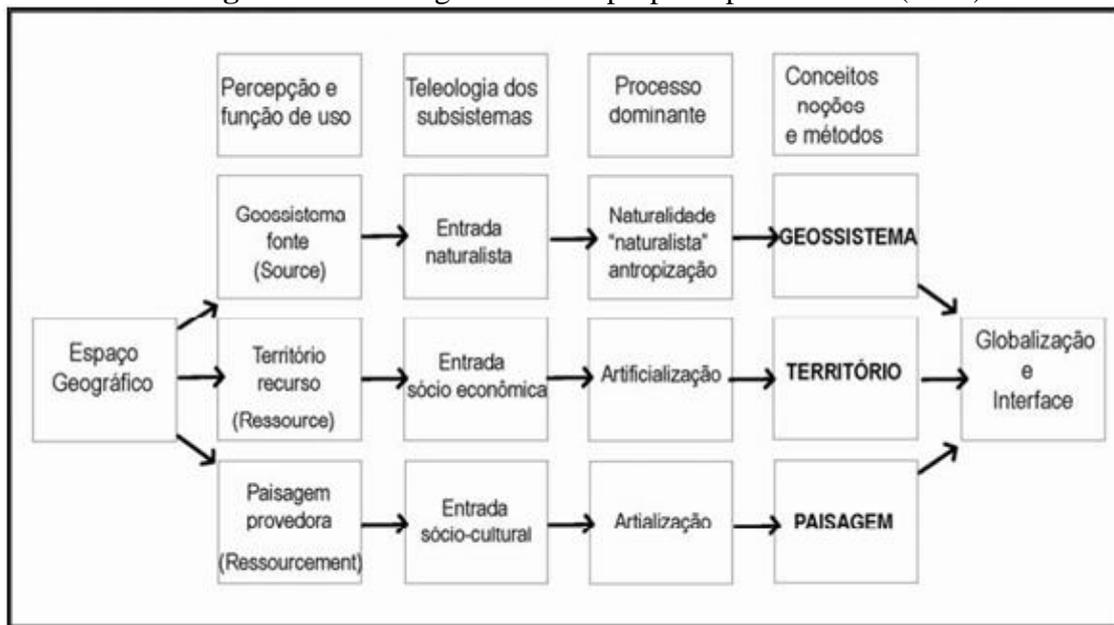
Nesta tipologia é preciso distinguir os dois níveis de intensidade: de um lado, os casos de “resistasia verdadeira” ligados a uma crise geomorfoclimática capaz de modificar o modelado e o relevo. O sistema de evolução das paisagens se reduz então ao sistema de erosão clássica. A destruição da vegetação e do solo pode nesse caso ser total. Cria-se um geossistema inteiramente novo. Este fenômeno é frequente nas margens das regiões áridas onde ele é muitas vezes acelerado pela exploração antrópica.

Por outro lado, os casos de “resistasia limitada” a “cobertura viva” da vertente, isto é, à parte superficial das vertentes: vegetação, restos vegetais, húmus, solos e, às vezes, manto superficial e lençóis freáticos epidérmicos. Esta evolução ainda não interessou suficientemente os geógrafos e os biogeógrafos. É certo que ela é quase negligenciável do ponto de vista geomorfológico porque ela não cria relevos, mesmo que anuncie às vezes os inícios de uma crise geomorfológica (op. cit).

Contudo, essa tipologia de geossistemas agrupadas nesses dois grandes conjuntos dinâmicos, possibilita a representação cartográfica subsidiando a definição de áreas de preservação ambiental, assim como áreas de recuperação e controle. Além disso, considera a dinâmica e as relações de interdependência dos elementos do meio físico e elementos socioeconômicos permitindo a elaboração de propostas de ordenamento territorial.

Bertrand (2007) elaborou novas formas teórico-metodológicas de análise do meio ambiente, entre elas destacam-se o sistema GTP - Geossistema (Source), Território (Ressource) e Paisagem (Ressourcement). Através dessa abordagem, a Paisagem é vista sob o caráter cultural; o Território se destaca como a entrada que permite analisar as repercussões da organização e dos funcionamentos sociais e econômicos sobre o espaço considerado e o Geossistema se destaca enquanto táxon que possui uma escala definida, por isso tão fundamental ao estudo do espaço geográfico (BERTRAND; BERTRAND, 2007, p. 294). Segundo Bertrand e Bertrand (2007), trata-se de três entradas ou três vias metodológicas que correspondem à trilogia fonte / recurso / aprisionamento e que são baseadas em critérios de antropização, de artificialização e de artialização, conforme o esquema seguinte (Figura 04).

Figura 04-Abordagem do GTP proposta por Bertrand (2007).



Fonte: Adaptado de Bertrand e Bertrand (2007, p. 299).

Os conceitos de geossistema, território e paisagem foram utilizados sob uma mesma óptica, onde o homem não é considerado mais como o ser que interfere na dinâmica natural, mas a partir dessa abordagem a natureza apresentará dinâmicas com atuação social, sendo que suas ações estão vinculadas aos aspectos geopolíticos, econômicos e culturais.

Bertrand (2009) ressalta que de certa forma existe uma deficiência temporal nas análises ambientais e o sistema GTP prima por um tempo linear e evolutivo, por exemplo, o geossistema é o tempo do natural dos componentes biofísicos; o território é o tempo histórico, social, político e econômico; a paisagem é o tempo do atual e do cultural possuindo significações diversas.

A proposta do GTP, conforme aponta Bertrand (2009), seria de relançar a pesquisa ambiental sobre as bases multidimensionais, no tempo e o espaço, quer seja nos quadros das disciplinas ou mesmo em formas de construção de interdisciplinaridade. Sua convocação primeira é favorecer uma reflexão epistemológica e conceitual e, na medida do possível desencadear proposições metodológicas completas.

2.1.3 A abordagem sistêmica como subsídio para análise da fragilidade ambiental das zonas costeiras

A dinâmica dos processos geomorfológicos ocasiona várias transformações no ambiente, sendo compreendida na escala de análise espaço-temporal e o tempo torna-se fundamental a partir da percepção da origem e dinâmica do relevo.

Segundo Nascimento (2004), os sistemas ambientais possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, representam um sistema composto por elementos, funcionando por meio dos fluxos de energia e matéria, dominante numa interação real. A heterogeneidade interna no geossistema é criada pelas combinações de energia e massa, no controle energético. Os geossistemas necessitam pela grandeza territorial, serem caracterizados espacialmente, havendo a necessidade de estudar a morfologia e funcionamento das unidades.

De acordo Christofolletti (1980), o equilíbrio de um sistema representa as formas e os seus atributos apresentam valores dimensionais de acordo com as influências exercidas pelo ambiente, uma vez que, quando as condições externas permanecem imutáveis, o equilíbrio dinâmico pode chegar ao estado que melhor exprima a organização interna em função das características exteriores. O estado de estabilidade é atingido quando a importação e a exportação de matéria e energia permaneçam constantes enquanto não se alteram as condições externas.

De acordo com Ross (1992), as Unidades de Paisagens se individualizam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e o tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos. Já segundo Guerra e Marçal (2006), o estudo sobre geossistemas requer o reconhecimento e a análise dos componentes da natureza, sobretudo através das suas conexões. Entendidos os geossistemas, como unidades naturais integrais, pode-se distinguir suas modificações e transformações como resultantes das ações dos diferentes tipos de ocupação.

Cunha e Guerra (2004) destacam o papel integrador da geomorfologia ambiental, no momento em que valoriza o enfoque ecológico e sugere, incorporando em suas observações e análises as relações político-econômicas, importantes na determinação dos resultados dos processos e mudanças do modelado terrestre, antes e depois da intervenção da sociedade em um determinado ambiente. Segundo os autores a interação entre os atributos do sistema natural e antrópico permite identificar os elementos responsáveis pela dinâmica da paisagem de uma área, destacando dessa forma, as principais fragilidades ambientais de cada unidade presente na paisagem, contribuindo assim, para a gestão do território.

Guerra e Cunha (2004) destacam que a abordagem geomorfológica nos estudos ambientais tem a preocupação de dar direção a uma geomorfologia que tem

suas bases conceituais nas ciências da terra, mas fortes vínculos com as ciências humanas, na medida em que serve como suporte para o entendimento dos ambientes naturais, onde as sociedades humanas se estruturam, extraem os recursos para a sobrevivência e organizam o espaço físico- territorial. É por meio da geomorfologia e da análise das unidades de paisagem: o geossistema, que podemos conhecer as potencialidades dos recursos naturais de um determinado sistema natural, através de levantamentos dos solos, relevo, rochas, minerais, corpos hídricos, clima, da flora e fauna. Tais conhecimentos devem ser avaliados de forma integrada, levando em consideração a funcionalidade dos componentes físicos, bióticos e socioeconômicos da natureza.

Guerra e Cunha (2004) destacam que por meio do conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), as fragilidades dos ambientes naturais podem ser avaliadas partindo do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico, equilíbrio este, que é frequentemente alterado pelas intervenções do homem nos diversos componentes da natureza, gerando estado de equilíbrios temporários, ou até permanentes.

Tricart (1977) definiu os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico denominando de estáveis, e quando estão em desequilíbrio de instáveis. Ross (1990) definiu as Unidades Ecodinâmicas Estáveis como sendo aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, e as Unidades Ecodinâmicas instáveis como sendo aquelas cujas intervenções humanas modificaram intensamente os ambientes naturais.

Christofolletti (1980) ressalta que no geossistema os diversos subsistemas possuem escalas diferentes para a reajustagem frente às modificações provocadas externamente, até que restaure o equilíbrio perdido, podendo oscilar da escala medidas em anos até a de milhões de anos, tendo em vista que a escala temporal representa o melhor critério para verificar a estabilidade e instabilidade do sistema.

Nessa perspectiva Venturi (2004), ressalta que os estudos geomorfológicos promovem através de estudos da dinâmica do relevo, a compreensão do funcionamento da paisagem como um todo, ao incorporar os outros elementos da natureza, estabelecendo relações entre relevo e solos, relevo e clima, relevo e hidrografia, cobertura vegetal e substrato geológico.

Evidenciam-se assim os estudos ambientais que tenham como categoria de análise os sistemas naturais e sistemas antrópicos, uma vez que as transformações impostas pela ação antrópica interferem cada vez mais na dinâmica dos sistemas

naturais. Dessa forma, esses estudos precisam estar fundamentados no intuito de atuar na área do planejamento.

A interação entre os diversos atributos do sistema natural e do sistema antrópico permite a identificação dos condicionantes responsáveis pela dinâmica da paisagem, sendo estes condicionantes os aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, oceanográficos, vegetacionais e faunísticos, sendo que através da interação de tais fatores podem-se identificar as principais fragilidades ambientais de cada unidade o que torna essencial na gestão do território.

Ainda segundo Amorim e Oliveira (2008), a delimitação de Unidades de Paisagem apresenta grande complexidade, pois a interação entre os diversos atributos do sistema natural e do sistema antrópico permite a identificação dos atributos responsáveis pela dinâmica da paisagem, bem como identificar as principais fragilidades ambientais de cada unidade, elemento essencial na gestão do território.

Dentro dessa perspectiva, a gestão territorial torna-se um mecanismo disciplinador das ações antrópicas no meio natural, tendo nos estudos ambientais o principal mecanismo de efetivação das ações no espaço territorial através do diagnóstico, estudos de impactos, levantamentos físicos e territoriais.

A noção de equilíbrio segundo Christofolletti (1980) pode ser aplicada a qualquer sistema geomorfológico, tais como no estudo de vertentes, rios, bacias de drenagem, dunas, litorais e outros. No estudo do litoral pode-se identificar segundo o autor o equilíbrio de uma praia através da curvatura que deverá ser controlada por materiais detritos e processos de transporte.

Nessa perspectiva destacamos o ambiente costeiro, caracterizado pelas constantes mudanças de ordem espaciais e temporais, tais mudanças são evidenciadas pela atuação de processos erosivos e deposicionais, além da ação de agentes oceanográficos como ondas, correntes e marés, bem como a influência da ação antrópica que podem atingir proporções significativas.

Os geossistemas costeiros constituem-se áreas de elevada fragilidade ambiental, devido à interação de componentes que regem o funcionamento e estabilidade dos sistemas que compõe a paisagem e respondem as constantes mudanças que ocorreram através da interação entre os agentes continentais e litorâneos que são alterados pela ação antrópica.

Os Geossistemas enquanto formações naturais obedecem à dinâmica dos fluxos de matéria e energia, inerentes aos sistemas abertos que, em decorrência da ação antrópica, podem sofrer alterações na sua funcionalidade, estrutura e organização. Nesse

sentido a caracterização dos ambientes costeiros segundo Florenzano (2008) fornece informações importantes na reconstituição da forma de atuação dos eventos geológicos, de fundamental importância não só para a reconstrução da história geológica como forma de desenvolver possíveis intervenções que minimizem o impacto negativo da sociedade. Através da abordagem geomorfológica com auxílio da análise sistêmica pode-se realizar adequados diagnósticos a partir dos quais se torna possível elaborar prognósticos, tendo em vista, o aprimoramento de técnicas para melhor prever os problemas futuros e dessa forma subsidiar o planejamento ambiental.

A abordagem sistêmica como subsídio nas análises das fragilidades ambientais da zona costeira, apresenta uma perspectiva dinâmica, quanto as suas subdivisões em unidades inferiores, geossistema, geofácies e geótopos possibilitando maior entendimento no que tange a estrutura e dinâmica das unidades de paisagem.

O geossistema constitui uma categoria de análise da paisagem e sendo compreendido como unidade natural integral, podendo-se distinguir através dele as diversas modificações e transformações em várias escalas. A subdivisão os possibilita estudar as paisagens analisando a relação entre sua potencialidade de uso e à interferência social.

Através do estudo sistêmico da zona costeira, pode-se compreender a dinâmica de troca de fluxo de matéria e energia que se processam dentro desse geossistema, identificando e atribuindo responsabilidades aos fatores e processos responsáveis pelas mudanças a curto, médio e longo prazo que ocorrem nessas áreas, contribuindo assim para a organização do espaço.

2.2 GEOTECNOLOGIAS E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM COSTEIRA

2.2.1 Evolução da linha de costa e o uso dos SIGS

A zona costeira constitui um ambiente com dinâmica natural própria, apresentando elevada vulnerabilidade por ser condicionada por fatores e processos que interagem entre si. Nesse contexto, são relevantes os estudos que contemplem sua dinâmica natural e que considerem seus elementos, contribuindo para o levantamento das suas potencialidades e limitações.

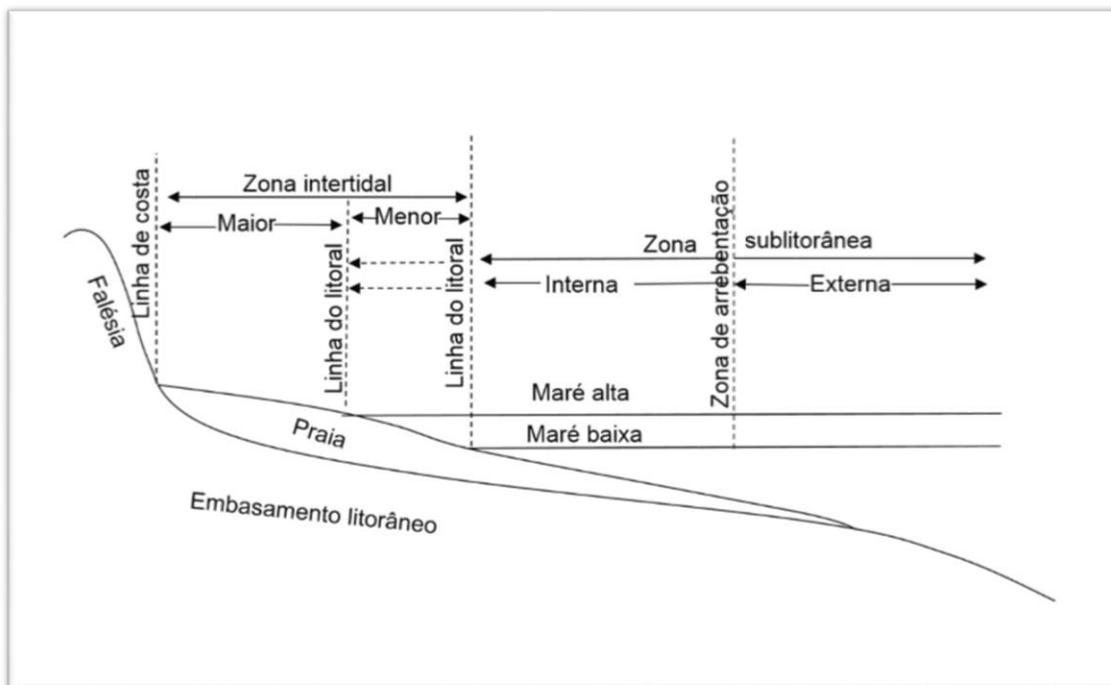
Os estudos sobre mudança da linha de costa, realizado por Muehe e Oliveira (2014), os quais definem linha de costa pela interseção entre o nível do mar e a terra firme. Considerando que essa posição depende da maré é preciso definir que maré deve ser considerada, ou seja, qual das alturas entre as marés máximas e mínimas de sizígia.

Bird (2008) define a linha de costa, ou coastline, como a fronteira da terra no limite das marés altas normais, muitas vezes marcado pela ocorrência de vegetação ou a base de falésias, enquanto o termo shoreline, ou linha do litoral, é o limite móvel de ocorrência de água no perfil praias durante a maré baixa e a maré alta. Para Oertel (2005) a linha de costa não é uma feição, mas um limite, que pode ser estabelecido utilizando os diferentes indicadores que se destacam ao longo da praia.

A dinâmica costeira, que condiciona a construção geomorfológica da linha de costa, é a principal responsável pelo desenvolvimento das praias arenosas e pelos processos de erosão e deposição que as mantêm em constante alteração. A morfologia dos perfis praias em uma determinada região é função do nível energético das ondas, uma vez que essa energia é liberada nas zonas costeiras.

No que se refere aos perfis praias, Christofolletti (1980), apresenta a seguinte nomenclatura descritiva do perfil litorâneo, (Figura 05) onde são encontrados dois conceitos: a linha do litoral e a linha de costa. Para esse autor “a linha do litoral (shoreline) é, estritamente a linha que demarca o contato entre as águas e as terras, variando com os movimentos das marés entre os limites da zona intertidal (estirâncio e pós-praia)”, enquanto a linha de costa (coastline) é o limite terrestre da zona intertidal maior (pós-praia) onde as marés altas excepcionais (sizígia) alcançam até esse limite.

Figura 05 - Nomenclatura descritiva de perfil litorâneo.



Fonte: Christofolletti (1980).

A linha costeira está sujeita a alterações que ocorrem de forma natural através de processos geomorfológicos, mas que são muitas vezes intensificadas e aceleradas pela ação humana. O movimento da linha de costa fornece um registro da direção das mudanças e dos setores costeiros em erosão e acreção (Forbes e Liverman 1996). Todavia, nas áreas que apresentam regime macrotidal a definição desta linha apresenta maiores dificuldades devido a maior variação das alturas das marés ao longo do mês, dificultando assim a sobreposição das imagens quando estas são obtidas em períodos de mares diferentes (quadratura e sizígia).

Muehe (2006) afirma que os processos mais comuns são representados pelo avanço do mar continente adentro, abrindo caminho para a conseqüente erosão e o alargamento das praias através do processo de progradação. Ambos constituem parte de um ciclo de fenômenos naturais determinado pela energia das ondas e as características geológicas das praias, que orientam as correntes costeiras no transporte de areia.

Ainda segundo Muehe (2018) os principais motivos da modificação na posição da linha costeira devem-se em grande parte à falta de sedimentos por esgotamento da fonte, modificações naturais do clima, da intensidade de ondas, da altura do nível do mar e muitas vezes pelas mudanças da dinâmica atual por variações induzidas pela atividade humana, através da construção de barragens e obras que modifiquem o fluxo de sedimentos ao longo da costa.

As análises das modificações no posicionamento da linha de costa são determinadas com base na interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélites (de média e alta resolução), para identificação das tendências na movimentação da citada linha em diferentes escalas de tempo. Nesse contexto destaca-se que tais estudos no Brasil passaram a abordar a identificação das variações da linha de costa de longo período em todo o segmento praias, por volta dos anos 2000, com o advento de técnicas avançadas de geoprocessamento e o aprimoramento da localização espacial por satélite (SOUZA; LUNA, 2010).

As técnicas de mapeamento da linha de costa têm apresentado grande evolução relacionada ao rápido avanço tecnológico. Através dessas técnicas pode-se mensurar, por exemplo, as taxas médias de variação de linha de costa para a determinação das tendências evolutivas de qualquer trecho da costa bem como, identificar os diferentes setores com risco de erosão.

Os estudos relacionados à evolução da linha de costa podem ser realizados através dos métodos diretos e indiretos. Moura (2012) destaca que os métodos diretos, consistem basicamente no monitoramento de praias pelo levantamento de perfis

topográficos, caracterização morfológica da praia, análise de sedimentos e sua posterior integração com dados meteorológicos e oceanográficos. Todavia, apesar de possuir um custo relativamente baixo este método se tornar de difícil operacionalização em extensas áreas, assim como não permite a análise temporal de longo período (pretérita).

Outra técnica mais recente para mapeamento de precisão sobre a dinâmica costeira de curto prazo, diz respeito aos levantamentos geodésico pelo posicionamento e altimetria GNSS, seguindo a metodologia proposta por Santos; Amaro; Souto (2011). Esta pode ter sua validade testada de acordo com os procedimentos preconizados no trabalho de Santos et al., (2015), objetivando a geração do modelo digital de elevação - MDE.

Com relação aos métodos indiretos, Souto (2011) ressalta que geralmente são utilizados produtos dos sensores remotos os quais permitem o estudo de extensas áreas. Entretanto, o referido estudo pode ser prejudicado pela indisponibilidade de produtos (imagens) dos sensores remotos de alta resolução espacial, pelo alto custo e/ou pela presença da elevada cobertura de nuvens.

Dentre os métodos indiretos de análise de linha de costa destacam-se a ferramenta Digital Shoreline Analysis System e o polígono de mudança. A ferramenta DSAS, consiste em uma extensão desenvolvida para o Programa ArcGis disponível gratuitamente no site <http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/dsas/> do United States Geological Survey.

Para Muehe e Oliveira (2014) por meio da ferramenta DSAS é possível traçar um conjunto de perfis transversais à linha de costa, tendo como base fotos aéreas ou imagens de satélite, e realizar a análise do comportamento da linha de costa, qualquer que seja o referencial escolhido, desde que seja identificável nas imagens utilizadas. Isto torna a escolha do indicador o ponto focal da questão.

Sobre DSAS, Himmelstoss (2009), afirma que através dessa ferramenta é possível calcular as estatísticas da variação temporal dos dados vetoriais de linha de costa, por meio de transectos transversais a praia que podem ser comparados e analisados por intermédio de seis procedimentos matemáticos e estatísticos, sendo estes Shoreline Change Envelope (SCE); Net Shoreline Movement (NSM); End Point Rate (EPR); Linear Regression Rate (LRR); Weighted Linear Regression (WLR) e Least Median of Squares (LMS), tendo como referência uma linha de base, produzindo dados numéricos relacionados as feições lineares que permitem mensurar a evolução da linha de costa em determinado período e gerar mapas, gráficos e tabelas das áreas de progradação e erosão costeira.

A metodologia do polígono de mudança descrita por (Smith e Cromley, 2012), consiste em extrair as áreas erodidas e/ou acrescidas, a partir de duas linhas de costa distintas previamente vetorizadas, através da geração e subtração de polígonos, sendo possível extrair a diferença total da área entre as duas linhas de costa.

A partir do cruzamento de duas linhas, uma série de polígonos é criada de forma que represente uma alternância de regiões que estão sofrendo processo de erosão ou acreção e com base na mudança do polígono, toda a região entre as duas linhas de costa é quantificada, sendo que as áreas de mudanças tanto positivas quanto negativas podem ser calculadas a partir da decomposição desse polígono complexo em uma série de polígonos simples (ALBUQUERQUE 2003).

Dessa forma, o monitoramento da linha de costa através dos métodos indiretos constitui uma ferramenta relevante para a análise da dinâmica costeira, uma vez que com o uso dos SIGS, podem-se identificar os setores em progradação e retrogradação em uma escala espaço temporal de curto, médio ou longo prazo. Atualmente são disponibilizados gratuitamente vários catálogos de imagens de diferentes sensores, as quais permitem identificar várias feições que podem ser utilizadas como geoindicador de mudanças costeiras como, a linha de preamar, linha de duna, linha de vegetação, etc. Além disso, através desses métodos pode-se inferir acerca da posição da linha de costa futura e a partir disso caracterizar, até certo ponto, a morfodinâmica e a mobilidade da linha de costa no sentido de identificar tendências de erosão, estabilidade ou progradação em cenários futuros. Todavia, a realização dos perfis de praia associados a esta técnica certamente quando possíveis darão maior confiabilidade aos dados e análises realizadas sobre a morfodinâmica praial.

2.2.2 Sistemas costeiros e o ecossistema de manguezal

Os sistemas costeiros abrigam uma diversidade de ecossistemas que apresentam elevado grau de complexidade cuja dinâmica apresenta-se na forma de condicionantes que interagem entre si e dão características peculiares a este sistema. Dentro desse sistema o subsistema flúvio-marinho situado no domínio morfoestrutural da planície costeira é caracterizado pela convergência entre as energias geradas pela vazão fluvial, pelo fluxo e refluxo das marés, pelas ondas e pela ação eólica (SCHAEFFER – NOVELLI, 2002).

Nesse ambiente predomina a vegetação de mangue que compõe o manguezal caracterizado por está sujeito ao regime de marés, sendo constituído de

fauna e flora adaptadas à flutuação da salinidade e caracterizadas pela colonização de sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio com suas espécies arbóreas típicas: *Rhizophoramangle* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco), *Avicenniaschaueriana* e a *Avicenniagerminans* (mangue preto ou siriúba) e *Conocarpuserecta* (mangue botão), com suas raízes aéreas, plenamente adaptadas ao solo encharcado e com alta salinidade (SCHAEFFER – NOVELLI, op. cite). Além disso, os manguezais são considerados ecossistemas costeiros, característicos das regiões tropicais e subtropicais, localizados na transição entre os ambientes terrestres e marinhos, também denominados de zonas estuarinas ou simplesmente estuários.

No sistema estuários se desenvolvem manguezais cujos fenômenos hidrodinâmicos são bastante complexos, segundo Schaeffer – novelli (1995) os processos atuantes desses ambientes dependem essencialmente de sua morfologia e das condições variáveis de vazão fluvial e dos primas de maré, cujo transporte de sedimentos provocam sua evolução, conservação dos canais e crescimento de manguezal. Nos estuários ocorrem espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas), além de macro e microalgas (criptogramas), adaptadas á flutuações de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente pelíticos, com baixos teores de oxigênio.

Dentre os gêneros destacam-se o *Avicennia*, da família *Verbenaceae* (*Avicennias Chaweriana*) conhecida vulgarmente como siriúba ou mangue preto, cuja característica principal é apresentar casca lisa castanha clara e quando raspada mostra cor amarelada e apresenta folhas esbranquiçadas por baixo devido à presença de pequenas escamas. Gamero (2011) destaca que esta espécie geralmente ocupa terrenos da zona de entremarés, e toleram uma salinidade muito mais alta que os demais gêneros do mangue. Sendo assim, elas crescem onde há menos exposição á inundação, já que suas folhas possuem glândulas que excretam o excesso de sais, e possuem sementes com grande capacidade de flutuação, permitindo sua disseminação a grandes distâncias.

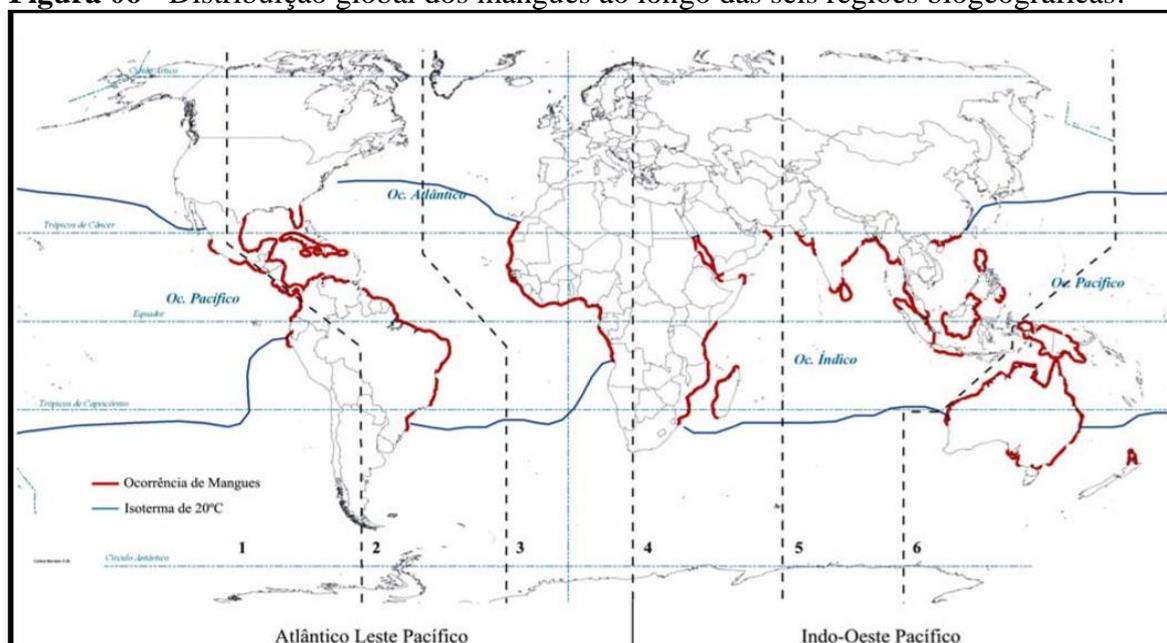
O Gênero *Rhizophora*, da família *Rhizophoraceae* (*Rhizophora Mangle*) apresenta casca lisa e clara e quando raspada mostra cor vermelha, suas raízes servem de escoras e são visíveis à longa distância e conhecida vulgarmente como mangue vermelho. Encontram-se geralmente nas franjas dos bosques em contato com o mar, ao longo dos canais, alguns rios e partes dos estuários onde a salinidade não é muito elevada já que apresenta raízes escora que encurvam e servem de suporte que se estendem um metro ou mais acima do solo, cobertas com esporos pequenos, chamados

lenticelas, por onde o oxigênio difunde como filtros que impedem a entradas de sais quando se expuser ao ar a baixa-mar, além da troca de gases como obtêm a maioria do oxigênio que obtêm da atmosfera (GAMERO 2011).

O Gênero *Lagunlaria*, da família Combretacea e (*Laguncularia Racemosa*) é conhecido como mangue branco ou mangue verdadeiro, caracterizada como uma árvore pequena, que apresenta folhas de pecíolo vermelho com duas glândulas em sua parte superior, próximo à lâmina da folha, e possui seus pneumatóforos são menores do que as *Avicennia*. Gamero (2011) destaca que esta espécie geralmente é encontrada em costas banhadas por águas de baixa salinidade, às vezes ao longo de canais de água salobra ou, em praias arenosas protegidas.

Em geral a distribuição do ecossistema de mangue é limitada globalmente (Figura 06) pela isoterma 20°C de temperatura da água do mar, mas há exceções pelo mundo como no sul da Austrália, na Nova Zelândia e na costa sul da África. Spalding *et al.* (1997) distribui as diversas espécies de mangue dentro das seis eco-regiões globais, (1) Oeste da América; (2) Leste da América; (3) Oeste da África; (4) Leste da África e Madagascar; (5) Indo-Malásia; e (6) Australiana e leste do Pacífico. Além desta divisão, existe ainda outra que divide os dois hemisférios globais, o Atlântico Leste Pacífico (ALP) e o Indo-Oeste Pacífico (IOP).

Figura 06 - Distribuição global dos mangues ao longo das seis regiões biogeográficas.



Fonte: Adaptado de Spalding *et al.* (1997).

O Brasil por apresentar a maior extensão de zonas úmidas do continente registram-se as espécies *Rhizophora* e *Avicennia*, que representam gêneros que ocorrem exclusivamente no manguezal, e ainda as espécies dos gêneros *Laguncularia* e

Conocarpus, que também podem ocorrer em outros ambientes do litoral. Localmente a ocorrência de diferentes espécies é controlada pela salinidade e pela topografia, que são variáveis sensíveis às quais diferem de uma região para outra (MAIA, 2006)

Segundo dados da FAO (2007) no Brasil, os manguezais ocupam uma fração significativa do litoral brasileiro, cobrindo cerca de 6.800km, ou seja, aproximadamente 92% da linha de costa. Conforme Maia *et al.* (2005) os mesmos estendem-se do extremo norte no Oiapoque, Estado do Amapá (4° 30'N), até seu limite sul na Praia do Sonho, em Santa Catarina (28° 53'S). Essa área representa 1,38 milhões de hectares (13.800 km²), correspondendo a cerca de 7% da porcentagem mundial e com isto pode ser classificada como sendo a terceira maior área de manguezal do mundo.

Na análise dos manguezais da costa brasileira, Schaeffer-Novelli *et al.* (1990) encontraram 10 espécies na região norte, 6 na região nordeste, 11 na região sudeste e 7 na região sul. Sendo que os gêneros *Rhizophoramangle*, *Avicenniagerminans* e *Laguncularia racemosa* estiveram presentes em todos os levantamentos. Ainda nesse contexto, Souza Filho (2005) analisando apenas as áreas de ocorrência de manguezais na costa de macromaré da Amazônia – CMMA, que vai do nordeste do Pará até o noroeste do Maranhão, o autor atribuiu aos estados do Maranhão e Pará, a área continua mais extensa de manguezal do planeta com 7.591,09 km², o que corresponde a 46,6% dos manguezais brasileiros (Figura 07).

Figura 07 - Costa de macromaré de manguezais da Amazônia (CMMA).



Fonte: Adaptado de Souza-Filho (2005).

Os manguezais configuram-se como agentes estabilizadores dos processos erosivos que atuam sobre a linha de costa durante as tempestades ou ressacas, pois os mesmos retêm os sedimentos continentais, minimizando a taxa de assoreamento dos corpos d'água adjacentes; enriquecem as águas costeiras através da exportação de nutrientes e fornecem abrigo e alimento para as formas marinhas sendo considerado o berçário de diversas espécies da fauna marinha. Devido a essas condições os manguezais são considerados ecossistemas altamente produtivos, garantindo alimento, proteção, condições de reprodução e crescimento para muitas espécies de valor comercial.

Entretanto, ao longo do tempo o ecossistema de manguezal vem apresentando considerada redução em decorrência das pressões dos tensores antrópicos. A pressão populacional humana sobre o manguezal torna importante o entendimento dos fatores que afetam a distribuição das espécies de mangue para a formulação de políticas de manejo que permitam a manutenção e restauração dos padrões característicos de biodiversidade (EWEL *et al.* 1998b). Cada manguezal reflete uma adaptação diferente às condições ambientais que condicionam sua composição e aspecto, fazendo com que eles sejam mais ou menos sensíveis a tipos particulares de fatores causadores de impactos (SCHAEFFER NOVELLI, 1995).

Diegues (1991) destaca que os mangues foram utilizados pelas populações indígenas antes da chegada dos colonizadores europeus como atestam os montes de ostras retiradas das raízes de mangue. No período colonial, além de fonte de alimento (peixes e crustáceos), o mangue era utilizado para retirada de madeira de lenha e tanino para curtumes. Já no século XVIII a extração de madeira de mangue era tamanha, particularmente no Nordeste onde era usada como lenha para as usinas de açúcar, que o Rei D. José em Alvará com força de lei datado de 1760 proíbe o corte, reservando a vegetação para extração do tanino para os curtumes da metrópole.

Ainda segundo Diegues (1991) até as primeiras décadas do século XX, as áreas de mangue eram exploradas de forma pouco intensa para a pesca, construção de “viveiros” de peixes (aquicultura extensiva) em áreas estuarinas, pesca esportiva, “caiçaras” (galhos de mangue usados para construção de habitats para peixes) e retirada de material para construção de casas e cercos. No Nordeste, especialmente no Rio Grande do Norte, áreas de mangue começaram a ser utilizadas para construção de salinas.

Nesse aspecto, Maia *et al.* (2005) destacam que a partir da década de 50 este ecossistema começou a ser submetido à intensa pressão ambiental oriunda da expansão

imobiliária e industrial. Desta forma, grandes superfícies foram degradadas para facilitar a construção de polígonos minero-metalúrgicos e industriais, a exemplo de São Luís (MA), Belém (PA), Aracajú (SE) e Suape (PE).

Dessa forma, a utilização de áreas de manguezais para disposição de resíduos sólidos conforme aponta Lima e Oliveira (2011) além de contribuir para diminuição da produtividade do ecossistema e consequente extinção de espécies endêmicas ou não, é fator determinante para tornar os organismos filtradores fontes de doenças que ao serem ingeridos pela população causa diversos males a saúde, contribuindo para a total dizimação destas áreas ou mesmo para a perda de qualidade ambiental da região estuarina, pois ocasiona sérios danos aos manguezais devido ao bloqueio do livre fluxo da água e consequente diminuição do aporte de nutrientes.

Frente a crescente consciência da utilidade dos bens e serviços ambientais dos manguezais, este ainda é considerado como terrenos baldios de valor escasso ou até de nenhum valor, e que deveriam ser destinados a outros usos econômicos. Esta atitude tem conduzido à destruição, em escala mundial, de extensas áreas de manguezais, como consequência da implantação de atividades voltadas ao desenvolvimento econômico (ODUM, 1994).

Schaeffer-Novelli (1995) destaca que a variedade de impactos induzidos pela ação do homem pode ser agrupada da seguinte forma: obras de canalização, represamento, drenagem do manguezal, bloqueio da água salgada, aterros, sedimentação, exploração mineral, poluição térmica, derramamento de óleo, descarga de efluentes, deposição de lixo e construção de salinas.

Para tanto, frente às pressões exercidas pelo homem, o ecossistema de manguezal apresenta resiliência aos tensores naturais e antrópicos. Sua capacidade de adaptação às mudanças impostas evidenciaseu importante papel na dinâmica costeira, atuando na manutenção, regulamento e diversificação da biodiversidade, na regulação biológica de processos e funções ecossistêmicas.

2.2.3 Definição da zona de apicum e sua importância ecológica

O termo apicum, é derivado da palavra *apecu*, segundo Albuquerque *et. al*, (2014a)originária da língua indígena Tupi, que significa língua de areia ou coroa de areia. Na literatura estrangeira são considerados ecossistemas de transição, pelo termo inglês *salt flat* traduzido para o português como planícies hipersalinas e são encontrados

no norte da Austrália, sudeste da Espanha, no golfo do México e na costa tropical do Brasil.

Para Albuquerque *et al.* (2014a) locais como o estado do Maranhão são bons exemplos de áreas onde os pesquisadores devem ter cuidado ao aplicar a terminologia local. No Maranhão, o termo apicum é comumente usado pelos pescadores locais, e está associado a qualquer trecho herbáceo ou estéril ocorrendo entre manguezais e terras altas, seja a área hipersalina ou não. Em contraste, o uso científico do termo por Santos (1989) é muito mais restrito e inclui apenas áreas hipersalinas totalmente estéreis ou com vegetação herbácea esparsa.

As referências sobre os apicuns no Brasil baseiam-se em estudos de Bigarella na década de 40, que ao pesquisar o litoral paranaense, destacou que, estando o manguezal em constante modificação, durante as enchentes de preamar são depositados, sobre os manguezais, areias finíssimas, tornando o banco de manguezal cada vez mais arenoso provocando a morte do mangue (BIGARELLA, 2001). Já para Ucha *et al.* (2003) são caracterizados como áreas geralmente arenosas associadas a manguezais sob condições de elevados teores de sal, ou seja, hipersalinas.

Em termos gerais, atualmente há muita polêmica em relação às características ecológicas e ao uso dos apicuns. Bigarella (1947) destaca que o apicum faz parte da sucessão natural do manguezal para outras comunidades vegetais, sendo resultado da deposição de areias finas por ocasião da preamar. Schaeffer-Novelli (1999), assim como Bigarella (1947), afirma que o apicum é parte integrante do ecossistema manguezal.

Em contra partida, Santos (2005) afirma que este conceito origina-se das observações de que áreas de apicum e salgado foram um dia floresta de manguezal, em situações de elevação e redução de nível do mar, porém, nem todos os manguezais atuais seriam APP, pois em uma eventual elevação do nível do mar, alguns deles seriam transformados em cursos d'água ou baías rasas, que hoje não são considerados APP pela legislação ambiental brasileira.

O apicum ocorre na porção mais externa do manguezal, raramente em pleno interior do bosque e associa-se aos manguezais formando na realidade um estágio sucessional natural do ecossistema (Schaeffer-Novelli, 1989). Seu limite é estabelecido pelo nível médio das preamares de sizígia e o nível das preamares equinociais (Maciel, 1991). Ainda nesse sentido, Pellegrini (2000), destaca que a formação dos apicuns depende, entre outros fatores, da amplitude das marés, da granulometria do sedimento, topografia e das interações geoquímicas. Essas planícies segundo Mochel (2011) têm

como característica a ausência de vegetação vascular, encontrando-se apenas formas unicelulares, como cianofíceas e cianobactérias e podem estar associadas às marismas.

Nesse sentido, é necessário compreender a distinção entre o manguezal, apicum e salgados, uma vez que, existe em muitos estudos a prerrogativa de que os apicuns e marismas são manguezais. Para tanto, Santos (2005), tal afirmativa deve ser corrigida para "os apicuns, salgados e manguezais são sistemas ecológicos da região entre - marés", definida segundo o autor como a região compreendida entre os níveis extremos de preamar e baixamar.

Santos (2005) afirma que estruturalmente é possível distinguir apicuns, salgados (marismas) e manguezais. O apicum seria tecnicamente conceituado segundo autor, como área desprovida de vegetação vascular situada na região entre- marés superiores, inundada apenas pelas marés de lua nova e cheia (sizíguas) que associadas com climas secos ou sazonalmente secos e a uma baixa declividade do terreno, é responsável pela hipersalinização do solo, erradicando a vegetação vascular.

Os salgados sendo Santos (op.cit) ocorrem em regiões entre marés expostas a uma frequência de inundação intermediária entre sizígia e quadratura (quarto crescente e minguante), com salinidades de solo entre 100 e 150 partes por mil onde o mangue é ausente, mas é possível ter vegetação herbácea. O mangue, por sua vez, é definido como formação arbórea ou arbustiva dominada pelos gêneros *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*, cujos limites sempre foram os limites da floresta de mangue.

Santos *et al.* (1996) ressaltam que o uso comum do termo apicum, ao contrário de seu uso acadêmico, nem sempre está associado a planícies hipersalinas. De acordo com os autores, no Maranhão, os pescadores locais utilizam o termo apicum para designar qualquer trecho árido e/ou sem vegetação entre o manguezal e o ambiente terrestre.

Quanto à formação do apicum, Ucha (2008) destaca que os manguezais podem ser considerados formações colonizadoras oportunistas que seguem os processos de sedimentação ao invés de anteceder-los sofrendo degradação quando é recoberto por sedimentos destruindo a vegetação de manguezal, formando apicuns, que em função da topografia a ação da água com baixa energia de marés é capaz de remover apenas os sedimentos mais finos do apicum, permanecendo os sedimentos mais grossos que são transportados pelas águas pluviais resultando na cobertura arenosa que se espalha sobre as partes mais baixas do terreno.

Quanto a sua função ecológica Pellegrini (2000), destaca que o apicum tem função de abrigo para comunidades de caranguejos que ficam entocadas no sedimento

durante os períodos de seca e atua como reservatório de nutrientes, no contexto do ecossistema manguezal, mantendo em equilíbrio os níveis de salinidade. O mesmo autor observa ainda que as características climáticas exercem maior influência sobre o apicum do que sobre o bosque de mangue, devido à menor frequência de inundação pelas marés e à proteção exercida pelo bosque.

Nesse mesmo viés Nascimento (1999) afirma que o apicum representa o estágio evolutivo do manguezal e, como tal tem função de reservatório de nutrientes, disponibilizados pela lavagem das marés ou pelas chuvas, sendo que os caranguejos do gênero *Uca*, escavam galerias nos apicuns, removendo o sedimento das camadas inferiores para a superfície, transportando nutrientes para o manguezal adjacente pela drenagem da água da chuva.

Atualmente, atividades como a carcinicultura e salinas ameaçam a existência dos apicuns, Crepani e Medeiros (2003) destaca que nas quatro últimas décadas a carcinicultura marinha (criação de camarões em cativeiro) teve um crescimento vertiginoso em função da demanda de países como os EUA, Japão e alguns países europeus no consumo de camarões peneídeos.

Meireles *et al.* (2007), destaca os principais impactos causados pelo implemento da atividade de carcinicultura nos apicuns. Para os autores, as unidades produtoras de camarão instaladas no manguezal e no apicum, promovem o desmatamento e a extinção de áreas de domínio das marés, respectivamente. Com a interferência destas obras de engenharia nos fluxos de matéria e energia (canais de maré, construção de diques e abertura de canais artificiais), possivelmente será alterada a disponibilidade de sedimentos e, a médio e longo prazo, induzidas mudanças morfológicas na planície costeira.

Tal atividade vai de encontro com a legislação vigente que engloba os ecossistemas manguezal, marisma e apicum na Convenção Sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional. De acordo com MMA (2018) a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, foi estabelecida em fevereiro de 1971, na cidade iraniana de RAMSAR, a mesma é mais conhecida como Convenção de RAMSAR, está em vigor desde 21 de dezembro de 1975. De acordo com o site do MMA ela foi incorporada plenamente ao arcabouço legal do Brasil em 1996, pela promulgação do Decreto nº 1.905/96.

Entretanto, apesar das divergências quanto à definição e delimitação do apicum, a maior parte dos pesquisadores reconhece a importância ecológica do apicum e considera-o uma feição do ecossistema manguezal (BIGARELLA, 1947; MACIEL,

1991; NASCIMENTO, 1999; SCHAEFFER-NOVELLI, 1999; PELLEGRINI, 2000). Por este motivo, enquadram-se como área de Preservação Permanente, de acordo com o Art. 3º, incisos X e XIII da Resolução do CONAMA nº 303/2002 que trata como área de preservação o manguezal, em toda sua extensão e nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias, respectivamente.

2.2.4 O manguezal e o apicum como indicadores de mudanças costeiras

Na atualidade são inúmeras as discussões acerca das mudanças climáticas e suas consequências, dentre as quais se destaca o fenômeno de elevação do nível médio relativo do mar (NMRM) que pode ser evidenciado através do comportamento dos sistemas terrestres. Poucos estudos propuseram explicitamente uma perspectiva que considera os ecossistemas litorâneos como possíveis indicadores de mudanças costeiras.

Estudos australianos demonstram a importância de pesquisas voltadas para o estabelecimento de vários indicadores. Estes estudos recentemente propuseram analisar o ecossistema de manguezal e apicum como um meio para monitorar mudanças em ambientes costeiros como indicadores de aquecimento global, mudança climática, efeitos de tempestades, mudanças no nível do mar, taxas de poluição e sedimentação.

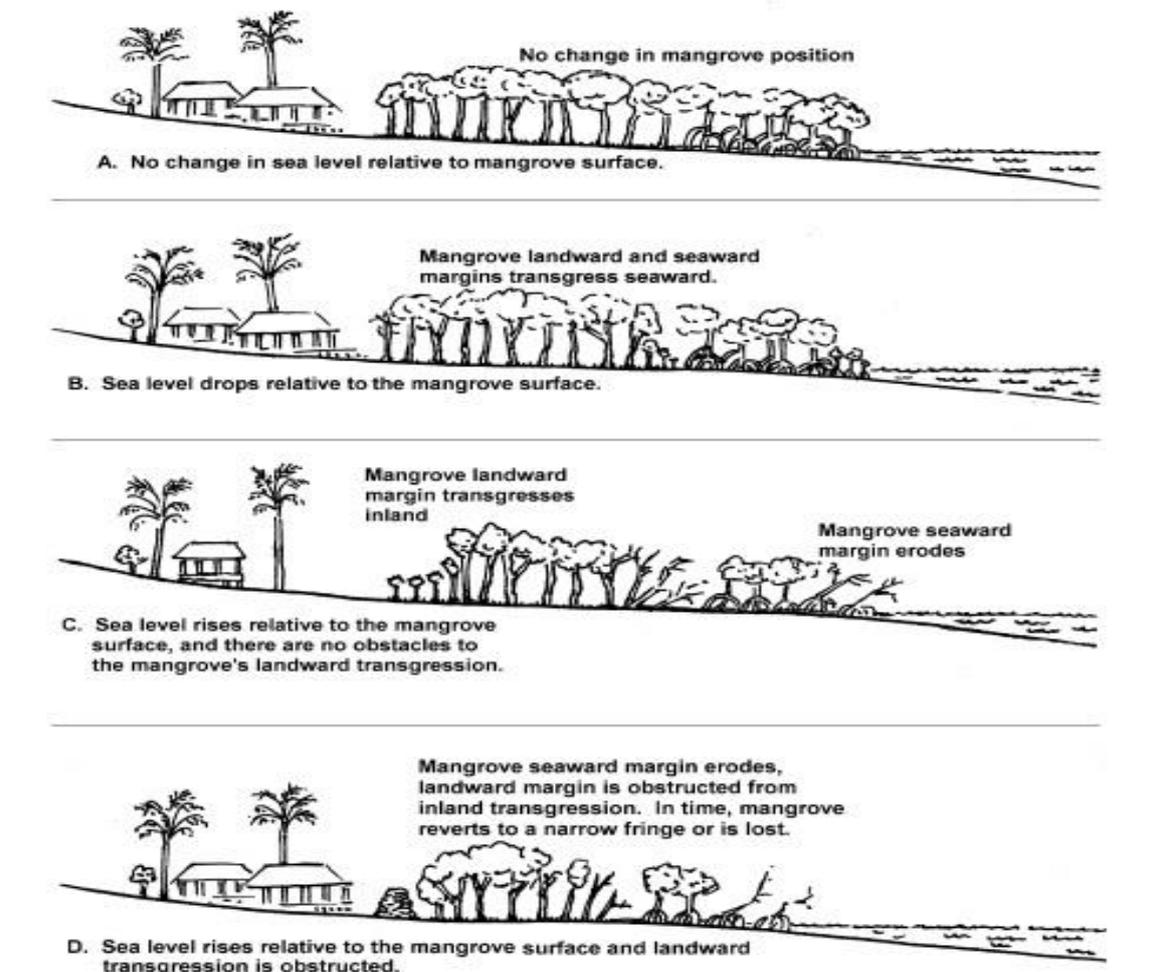
O ecossistema de apicum pode indicar mudanças costeiras quando se considera as mudanças na hidrologia local, o aumento das amplitudes das marés, ocasionando a expansão dos manguezais em áreas de apicum, as mudanças em escala regional, variações na temperatura do ar e da precipitação, podem alterar os aspectos hidrológicos e a salinidade, bem como mudanças na topografia em decorrência do aumento de sua elevação através de processos de acreção vertical ou sedimentação, de modo que permaneçam dentro da mesma faixa de maré.

O quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC-AR5) considerando o espaço tempo de 1986 a 2005 indica que a taxa de elevação média global do mar pode variar de 0,45 a 0,81 m até as duas últimas décadas do século XXI (IPCC, 2013).

Para Tessler e Goya (2005) as variações do nível relativo do mar podem ser desencadeadas basicamente por três processos: aqueles associados aos ciclos de glaciação e deglaciação (glacio eustasia), aos eventos de tectônica global (tectono eustasia), e aqueles relacionados às variações da configuração da forma do geóide (geóide eustasia).

Por sua localização em áreas de influência das marés, o manguezal é vulnerável ao processo de elevação do nível do mar principalmente em locais submetidos ao regime de macromaré (amplitude > 4m), porém apresenta resiliência a este processo. Gilman *et al.* (2007) abordam três cenários gerais para a resposta ao manguezal ao aumento relativo do nível do mar (Figura 08), dado um nível de paisagem escala e período de tempo de décadas ou mais: A) Nenhuma alteração no nível relativo do mar; B) Retração do NMRM; C) Aumento relativo do nível do mar.

Figura 08 - Cenários para a resposta do manguezal ao aumento relativo do nível do mar.



Fonte: Gilman *et al.* (2007).

Na figura 6a, quando não há alteração no nível relativo do mar, não há alterações significativas na estrutura ecossistêmica e na área ocupada pelo manguezal. Na figura 6b, na situação em que ocorre retração do NMRM em relação à superfície de ocorrência do manguezal, ocasiona o processo de progradação deste em direção ao mar, sobre este aspecto, Gilman *et al.* (2007, p. 106) destaca:

“The mangrove may also expand laterally, displacing other coastal habitats, if áreas adjacent to the mangrove, which are currently at a lower elevation than

the mangrove surface, develop hydrologic conditions (period, depth, and frequency of inundation) suitable for mangrove establishment”.

Na figura 6c, quando ocorre aumento do NMRM para a superfície de ocupação do manguezal, ocorre à inundação permanente e erosão de áreas ocupadas pelo manguezal e sua migração em direção ao continente. Para Gilman *et al.* (2007, p. 107):

“The mangrove may also expand laterally if áreas adjacent to the mangrove, which are currently at a higher elevation than the mangrove surface, develop a suitable hydrologic regime... as erosion resulting in weakened root structures and falling of trees, increased salinity, and too high a period, frequency, and depth of inundation. Mangrove zones migrate landward via seedling recruitment and vegetative reproduction as new habitat becomes available landward through erosion, inundation, and concomitant change in salinity”.

Ainda no cenário onde ocorre o aumento do NMRM para a superfície de ocupação do manguezal, pode ocorrer também à obstrução da transgressão terrestre do manguezal devido a presença de obstáculos migração (figura 6d). A transgressão do ecossistema de manguezal é obstruída dependendo da capacidade das espécies de manguezais que podem não colonizar novos habitats disponíveis, devido à presença de obstáculos à migração terrestre do manguezal, como as marismas e outras estruturas de proteção do litoral.

Batista *et al.*, (2008) destaca que ao modificar o padrão das marés, alterações no nível do mar podem também modificar o processo de sedimentação principalmente de sedimentos finos que são transportados em suspensão na coluna d’água através da ação das marés. Podendo favorecer assim a acresção de sedimento, fato que propicia aumento do substrato lamoso, o que pode favorecer a expansão do manguezal.

Algumas das principais interações que seriam afetadas pelas mudanças climáticas no manguezal são: (i) a dinâmica da geofísica das marés que tem variações de horas, dias e até mesmo de meses, com reflexo direto na zonação de espécies dos bosques de mangues; (ii) o aporte de água doce que ocorre mediante a ação da precipitação e da descarga de rios e água subterrânea que influenciam na entrada de sedimentos e nutrientes no ecossistema; (iii) a influência das correntes marinhas que determinam a deposição de sedimentos, nutrientes e o aporte de água salgada; (iv) formas de usos antrópicos diretos e indiretos podem proporcionar maior ou menor grau de vulnerabilidade do manguezal quanto à interdependência dos bens e serviços providos (BEZERRA, 2014).

Nesse sentido para Nascimento (1999), as áreas de manguezal podem sobreviver ao aumento do nível do mar dependendo da taxa de acúmulo de sedimento em relação a taxa de mudança do nível do mar, atrelado a isso, uma importância ecológica do apicum está no fato de poder impedir a redução da área ocupada pelos manguezais, fazendo com que estes se expandam para outras áreas.

Destaca-se ainda que, os apicuns estão conectados ao manguezal arbóreo pelo fluxo de nutrientes, em uma eventual elevação do nível do mar, os apicuns representariam uma zona de retração para o ecossistema de manguezal. É sabido que os apicuns chegaram a ser colonizados por espécies arbóreas, quando o nível do mar era mais alto, o que é indicado por vestígios de matéria orgânica e conchas de ostras em camadas inferiores do substrato.

Dessa forma, Agrawala *et al.* (2003) destaca que a provável resposta dos manguezais ao aumento do nível do mar depende de uma variedade de fatores. As taxas de elevação e sedimentação do nível do mar determinarão a mudança local na profundidade da água. Assim, por exemplo, se as taxas de sedimentação excedessem as taxas de aumento do nível do mar, então a região do mangue pode até se expandir para o mar. No entanto, é mais provável que as taxas de aumento do nível do mar dominem nesse caso, os manguezais recuariam para a costa. Se eles realmente se retirarem, então dependerá da taxa de aumento, e se existe uma terra apropriada para se retirar. Dessa forma, os manguezais são capazes de se adaptar às mudanças e colonizar áreas adequadas na costa.

A capacidade dos manguezais para colonizar regiões é susceptível de variar de um local para outro dependendo de vários fatores, tendo em vista que cada espécie de mangue vive em condições ecológicas que se aproximam do limite de tolerância em relação à salinidade da água e do solo e o regime de inundação (AGRAWALA *et al.*, 2003). Para os autores o fato do aumento do NMRM resultar no aumento da salinidade, alguns postos de manguezais podem se reajustar a novas condições, e outros não. Tal fato foi observado nos seus estudos, com mortalidades maciças em alguns casos ocorrendo como resultado apenas mudanças pequenas no regime hidrológico. Os manguezais também podem ser ameaçados pelo aumento do sedimento das ondas de tempestade e pela erosão costeira. Além disso, ainda é uma questão aberta se a sobrevivência de manguezal e migração ocorrerá com grande sucesso para preservar suas funções ecossistêmicas.

2.2.5 Aspectos legais relacionados ao manguezal e apicum

Historicamente no Brasil segundo Alves (2001) os primeiros diplomas legais que trataram da proteção dos manguezais datam do século XVIII, período em que o país se configurava como Colônia de Portugal, o qual era submetido ao regime legislativo dos portugueses, pois não possuía leis próprias. Em 10 de julho de 1760 é assinado por El Rey Dom José um Alvará, com força de lei, o qual manda prender e multar quem cortasse o manguezal, aplicando detenção e multa para quem cortasse o mangue que não tivesse sua casca previamente utilizada para a produção de tanino, produto comercializado pela Europa, utilizado para tingir tecidos e curtir couro em curtumes.

Na fase republicana de acordo com Cabral (2003) houve o registro da Lei nº 3.979/19 e o Decreto-Lei nº 14.596/20, ambos abordando o arrendamento de mangues. Explicitado de forma melhor o Decreto-Lei nº 3.438/41, que obrigava o foreiro a cuidar na preservação dos manguezais, proibindo seu corte. Mas antes, no antigo Código Florestal de 1934, se previa esta obrigação, através do Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934.

Já em 1965, foi instituído o código florestal que não trazia a definição de manguezal, mas considerava os manguezais como reserva ecológica. Somente com a resolução aprovada e publicada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA n. 303 de 20 de março de 2002, que essa lacuna foi suprida. Sobre a intuição do código florestal de 1965 Brandão (2011, p. 7) destaca que:

“Em 1965, com a publicação da Lei nº 4.771 de 15 de setembro, que instituiu o código florestal, reconheceu as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação natural como bens de interesse comum a todos os habitantes, considerando como de preservação permanente as situadas nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues (art. 2º, “f”), que ganha maior proteção jurídica com o advento da lei 6.766/79, não sendo permitido o parcelamento do solo nestas áreas, com determinação prevista no art. 3º, parágrafo único, inc. V”.

Em 1988, a legislação ambiental teve impulso com a Constituição Federal que dedicou o Capítulo VI ao Meio Ambiente. Brasil (1988a) afirma que no artigo 225 todos têm direito ao Meio Ambiente equilibrado, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade, o dever de defendê-lo e de preservá-lo para as presentes e futuras gerações, reconheceu ainda a zona costeira como de interesse especial para o País, sendo definida como patrimônio nacional.

Em se tratando das resoluções publicadas pelo CONAMA Medeiros *et al.* (2014) destacam a Resolução nº 303, publicada em 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APPs (BRASIL, 2002) e a Resolução 369, de 28 de Março de 2006, a qual dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em APPs (BRASIL, 2006). Especialmente a Resolução CONAMA 303/2002 (BRASIL, 2002) trouxe muita discussão e dúvidas para os órgãos ambientais, pois tratou o ecossistema manguezal como uma APP, enquanto a Lei 4.771/1965 considerava APP apenas as áreas florestadas. Nesse período era inaugurada uma discussão técnica, científica, jurídica e política que permanece até hoje, e que tomou novo fôlego com a publicação da Lei 12.651 de 2012: o uso das áreas de apicuns e salgados para atividades produtivas.

Sobre a proteção dos apicuns Schaeffer-Novelli (1999) destaca que de acordo com sua gênese, pode muito bem ser considerado como parte do manguezal também no que tange a aplicação da legislação, uma vez que em alguns documentos legais já se encontra a expressão "manguezal, em toda a sua extensão", reconhecendo os diferentes compartimentos como parte do ecossistema. Porém, o novo Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/2012, passou a distinguir mangue de apicum, discorrendo no seu Art. 3º:

“Para os efeitos desta Lei entende-se por:

XIII - manguezal: ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os Estados do Amapá e de Santa Catarina;

XV - apicum: áreas de solos hipersalinos situadas nas regiões entremarés superiores, inundadas apenas pelas marés de sizígias, que apresentam salinidade superior a 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), desprovidas de vegetação vascular.

O Novo Código Florestal trata da ocupação de apicuns e salgados no seu Art. 11, que trata especificamente dos requisitos para essa ocupação, nos quais seriam:

“[...] I - área total ocupada em cada Estado não superior a 10% (dez por cento) dessa modalidade de fitofisionomia no bioma amazônico e a 35% (trinta e cinco por cento) no restante do País, excluídas as ocupações consolidadas que atendam ao disposto no § 6º deste artigo; II - salvaguarda da absoluta integridade dos manguezais arbustivos e dos processos ecológicos essenciais a eles associados, bem como da sua produtividade biológica e condição de berçário de recursos pesqueiros; III - licenciamento da atividade e das instalações pelo órgão ambiental estadual, cientificado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e, no caso de uso de terrenos de marinha ou outros bens da União,

realizada regularização prévia da titulação perante a União; IV - recolhimento, tratamento e disposição adequados dos efluentes e resíduos; V - garantia da manutenção da qualidade da água e do solo, respeitadas as Áreas de Preservação Permanente; e VI - respeito às atividades tradicionais de sobrevivência das comunidades locais”.

Destaca-se por tanto, que a legislação brasileira apresenta uma série de aparatos legais que visam à proteção das zonas costeiras e de seus ecossistemas, mesmo que muitas destas não sejam respeitadas especialmente quando interesses econômicos e políticos estão à frente das decisões. Apensar dessa evolução na legislação ambiental brasileira na prática observa-se pouca eficácia. Grandes extensões de manguezais vêm sofrendo alterações por parte dos tensores antrópicos significativos, frente ao processo de ocupação desordenada, devido à ausência de políticas públicas adequadas.

Para Brandão (2011) a ameaça maior configura-se no sentido da possível aprovação do projeto de lei nº 1876/99, pelo senado, já aprovado na Câmara dos Deputados, que, conforme visto passa a desconsiderar o ecossistema manguezal como área de preservação permanente, atentando contra a gênese da sua natureza jurídica. Na forma da Constituição da República, o manguezal é bem de uso comum do povo, marcado pela imprescritibilidade e inalienabilidade, sendo dever de todos, lutar e zelar pela preservação. Destruí-los para uso econômico direto, na perspectiva do lucro fácil, aterrjá-los, drená-los para especulação imobiliária ou transformá-los em depósito de lixo caracteriza ofensa grave a um ambiente sadio, comportamento que deve ser coibido pelo poder legislativo e pelo poder judiciário.

2.2.6 Dinâmica geoambiental da zona costeira e processos erosivos

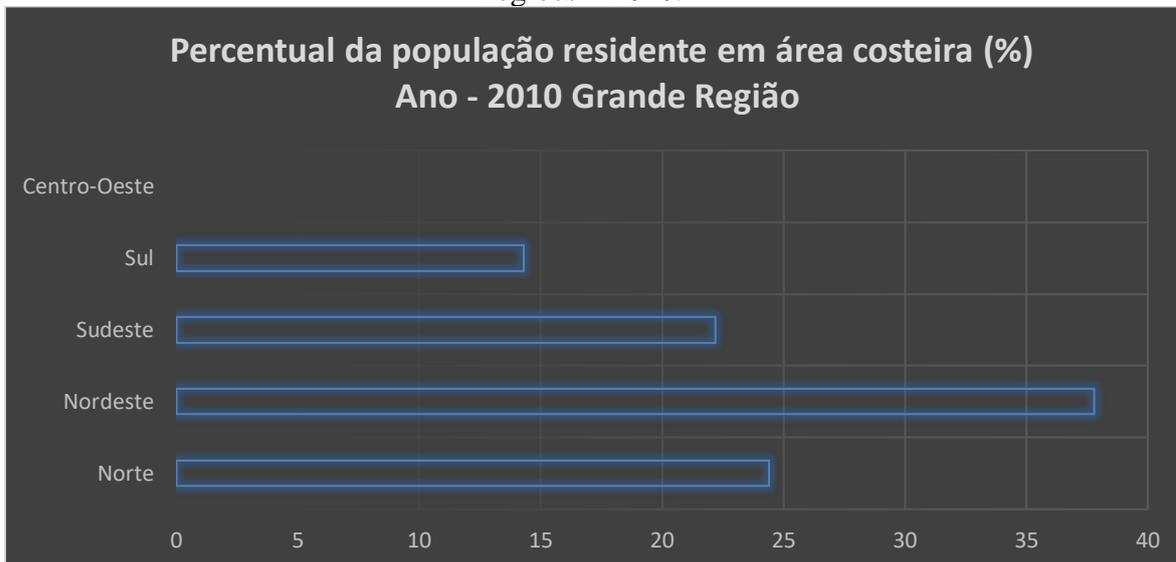
As zonas costeiras têm despertado ao longo do tempo, o interesse humano que preferem ocupar tais espaços em razão da disponibilidade de recursos para alimentação e por serem áreas valorizadas para habitação. Atualmente são áreas com intensa urbanização, industrialização e crescente exploração turística.

De acordo com o IBGE (2008), desde os tempos coloniais, a população brasileira se concentra nas proximidades da costa. Nas últimas décadas, tem havido um movimento de interiorização, embora os percentuais na zona costeira ainda sejam altos, entre 20% e 25% do total da população, e tenham se mantido estáveis ao longo dos anos 1990.

Segundo os dados do Censo Demográfico de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, aproximadamente 24% da população brasileira residem em

municípios da zona costeira, com destaque para a região nordeste, com concentração populacional de 37,8%.

Gráfico 01 - Proporção da população residente em área costeira, segundo as grandes regiões – 2010.



Fonte: IBGE, Censo (2010).

Dentro da zona costeira ocorrem grandes variações de densidade, sendo grande no entorno das capitais e dos maiores portos do País, sendo mais rarefeita no restante do litoral. (IBGE 2008). As zonas costeiras mais densamente ocupadas (Gráfico 02) são aquelas das Regiões Sudeste e Nordeste, especialmente o trecho entre Vitória (Espírito Santo) e Santos (São Paulo) e a costa oriental do Nordeste, entre Salvador (Bahia) e Natal (Rio Grande do Norte).

Gráfico 02- Proporção da população residente em área costeira, segundo as Unidades da Federação – 2010.



Fonte: IBGE, Censo (2010).

Dentre os fatores que explicam o crescimento do processo de ocupação dos espaços costeiros, o GI- GERCO (2005) destaca que inicialmente os espaços de baixo adensamento demográfico do litoral do Brasil, historicamente locais de assentamento de comunidades tradicionais semi-isoladas foram nas últimas décadas incorporados à economia de mercado, que tem a atividade turística e de veraneio como principal vetor de ocupação.

Por outro lado, a especulação imobiliária contribuiu de forma significativa para o aumento do adensamento populacional dessas regiões, haja vista, o elevado valor da habitação devido, às condições climáticas e a beleza cênica dessas áreas. Atrelado a isso, a proliferação de balneários, de grandes projetos hoteleiros e de áreas de segunda residência representa ameaça à integridade dos ambientes costeiros e marinhos. A excessiva visitação em ambientes frágeis e/ou vulneráveis – como os recifes de coral, por exemplo, traz danos consideráveis à preservação. A especulação imobiliária na zona costeira tende a causar a ocupação inadequada do solo, a desfiguração paisagística e a destruição de ecossistemas, afetando e incrementando os conflitos com outras atividades (GI- GERCO 2005).

Nesse contexto, a acelerada ocupação da zona costeira, com edificações cada vez mais próximas a faixa de praia, intensificaram os riscos associados aos processos erosivos. Tal fato pode está atrelado às interferências humanas diretas e indiretas no ambiente costeiro ou está relacionado com ajustamento morfodinâmico devido sua dinâmica geoambiental, uma vez que segundo Tessler e Goya (2005) os principais fatores dos processos erosivos estão relacionados com as variações relativas do nível do mar e as alterações do padrão dinâmico por variações naturais e/ou induzidas pelo homem.

A dinâmica geoambiental das zonas costeiras é constituída por diversos setores relacionados aos diferentes agentes e processos de acumulação marinha e fluvial pela contribuição dos cursos de água na alimentação de sedimentos na configuração do modelado, com a deposição de sedimentos areno-argilosos, com a ocorrência predominante dos processos de erosão marinha, que transportam e depositam sedimentos para o interior do continente (CAVALCANTI, 2008).

Segundo Souza *et al.* (2005), a dinâmica morfológica das costas e das praias é controlada pelos fatores e agentes causadores de erosão e deposição que atuam diretamente nesse processo de dinâmica costeira. Esses fatores naturais abrangem os

oceanográficos, hidrológicos, climáticos, geológicos e antrópicos, que são responsáveis pelas mudanças da dinâmica atual. Conforme aponta Tessler e Goya (2005, p. 15):

“Os mecanismos de dinâmica costeira essencialmente comandados pela ação dos agentes oceanográficos (ondas, marés e correntes litorâneas) sofrem, por vezes, alterações permanentes ou transitórias, por efeito da ocorrência de eventos episódicos como tormentas, furacões, deslocamentos da foz de rios, desenvolvimentos de deltas, acreção e erosão de bancos arenosos submersos junto às linhas de costa, entre outros”.

A erosão costeira consiste basicamente na retirada de sedimentos da costa e a acreção é representada pelo acúmulo sedimentar. Tais processos são determinados pela variação do nível do mar, pela variação da fonte de sedimentos, modificações no regime de energia das ondas, ou resposta morfodinâmica às atividades antrópicas como os espigões, quebra-mares e portos (MUEHE, 1996, SAVI, 2007).

O acréscimo e perdas de sedimentos das praias ocorrem pela retirada ou perda de areia do arco arenoso, tanto transversal, como longitudinalmente e da erosão de falésias, dunas e queda de vegetação de mangue. E o processo acrescional dá-se quando ocorre deposição de areia na praia ao longo do seu arco arenoso (BRAGA, 2009).

Quanto às causas da erosão, Muehe (2005), destaca que 80% é atribuída à intervenção do homem relacionada à urbanização e à interferência no balanço sedimentar em decorrência da construção de estruturas rígidas. Assim sendo, o efeito de causas naturais sobre a erosão costeira parece desempenhar um papel secundário, pelo menos considerando períodos de curta duração.

A erosão costeira pode trazer várias consequências tanto para os ecossistemas naturais, quando para as diferentes formas de uso e ocupação. Segundo Suguio (2001), destaca que quando o homem ocupa e modifica o espaço físico, na busca incessante de recursos naturais disponíveis e de situações mais convenientes à sua subsistência e bem-estar, ignora as leis da natureza e introduz os fatores antrópicos. Esses fatores atuam na intensificação dos “perigos naturais” preexistentes gerando novos perigos e, por outro lado, o homem passa a arcar com o ônus das respostas do meio físico às intervenções realizadas. Nesse sentido Souza *et al.* (2005) e Souza (2009), destacam uma série de consequências da erosão costeira, conforme o Quadro 01.

Quadro 01-Síntese das consequências da erosão costeira.

Consequências da erosão costeira segundo Souza <i>et al.</i> (2005) e Souza (2009)	
Redução na largura da praia e retrogradação ou recuo da linha de costa (se a área adjacente da planície costeira não for urbanizada a tendência de longo período será de migração transversal do perfil praiado rumo ao continente; se for urbanizada, pode não haver “espaço” físico para essa migração);	Perda e desequilíbrio de habitats naturais, como praias ou alguma de suas zonas, dunas, manguezais, florestas de “restinga” que bordejam as praias e costões rochosos, com alto potencial de perda de espécies que habitam esses ambientes (ex.: o crustáceo popularmente conhecido no Brasil por “maria farinha” - <i>Ocypodealbicans</i> , que habita a pós-praia);
Aumento na frequência e magnitude de inundações costeiras, causadas por ressacas (marés meteorológicas) ou eventos de marés de sizígia muito elevados;	Aumento da intrusão salina no aquífero costeiro e nas drenagens superficiais da planície costeira;
Desaparecimento da zona de pós-praia;	Perda de propriedades e bens públicos e privados ao longo da linha de costa;
Destruição de estruturas artificiais paralelas e transversais à linha de costa;	Perda do valor imobiliário de habitações costeiras;
Perda do valor paisagístico da praia e/ou da região costeira;	Comprometimento do potencial turístico da região costeira;
Prejuízos nas atividades sócio-econômicas da região costeira;	Gastos astronômicos com a recuperação de praias e reconstrução da orla marítima (incluindo propriedades públicas e privadas, equipamentos urbanos diversos e estruturas de apoio náutico, de lazer e de saneamento).
Artificialização da linha de costa devido à construção de obras costeiras (para proteção e/ou recuperação ou mitigação);	

Fonte: Souza *et al.* (2005) e Souza (2009).

As intervenções antrópicas na ZC também podem afetar indiretamente o transporte de sedimentos ao longo da linha de costa, quando ocorrem mudanças no regime hidrológico pela construção de barragem, por exemplo, reduzindo o fornecimento de material sólido para a zona costeira.

Em suma, destaca-se que os efeitos erosivos da ZC têm como causas, além das mudanças do padrão de dinâmica atual por variações naturais (oscilação do nível marinho, alterações dos regimes de ondas e marés associados aos ciclos climáticos), a interferência humana sobre os mecanismos de dinâmica costeira, através de obras que de alguma forma interferem na disponibilidade de sedimentos ao longo da linha de costa.

Para Muehe (2005) a identificação das causas da erosão costeira tem sido frequentemente um exercício de adivinhação devido à falta de informações sobre a tendência de variação do nível do mar, do clima de ondas e da evolução da linha de costa. Assim sendo tem sido difícil distinguir entre episódios de erosão ou progradação de tendências de longo prazo. Soma-se a isso. Em muitos casos, a falta de consenso sobre a tendência evolutiva de um dado segmento costeiro devido a diferenças metodológicas na investigação ou no período de tempo analisado.

Nesse contexto evidencia-se a necessidade de implementação de medidas que venham contribuir para os processos de gestão da ZC, tendo em vista que os diversos instrumentos legais ainda não se consolidaram como um mecanismo eficaz de gestão e gerenciamento dos recursos naturais e dos espaços urbanizados da ZC. Logo, como resultado tem-se o desperdício de recursos públicos com obras de engenharia costeira para minimizar a erosão que em determinadas situações acabam acelerando esse processo ou transferindo-a para outros pontos da costa, agravando o problema.

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimentos metodológicos

Os fundamentos desta pesquisa apoiam-se, na abordagem sistêmica, para o entendimento da dinâmica da paisagem, e posterior análise da referida área numa visão integrada, enfocando dessa forma suas particularidades, potencialidades, limitações e suas inter-relações com os componentes ambientais e sociais da paisagem. Para tanto, na delimitação das unidades paisagísticas, enfocou-se as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, oceanográficas, faunística, agrupamentos vegetais aliados as associações do uso e ocupação dos solos.

Das contribuições sistêmicas foram considerados nesta referida pesquisa a interferência antrópica na alteração dos fluxos de entrada de matéria e energia, e de que forma poderá modificar a funcionalidade dos sistemas ambientais. Para tanto, Sothava (1977), destaca que os sistemas naturais obedecem à dinâmica dos fluxos de matéria e energia, ligados aos sistemas abertos que, em decorrência da ação antrópica, podem sofrer alterações na sua funcionalidade, estrutura e organização.

3.2 Levantamento bibliográfico e cartográfico

O levantamento bibliográfico consistiu na análise relacionada inicialmente a conteúdos referentes paisagem como uma categoria de análise geográfica, organizou-se um banco de dados com publicações referentes à discussão sistemática de autores que abordam temas voltados à dinâmica costeira e sua análise por meio dos sistemas de informações geográficas-SIGs em artigos, relatórios, dissertações e teses, tendo como principal referência os periódicos da CAPES, com destaque para periódicos nacionais e internacionais relacionados ao tema. O esquema a seguir resume a lista dos autores mais citados:

No que tange ao levantamento cartográfico a base de dados vetoriais para a elaboração dos mapas de geologia, geomorfologia, vegetação e hidrografia foi adquirida no banco de dados da CPRM, SEMA e no site do IBGE. O acesso a essas plataformas institucionais online possibilitou o download de bancos de dados voltados para o mapeamento através de técnicas de geoprocessamento, onde uma variedade de funções, através de um conjunto de técnicas e operações aplicadas sobre uma imagem, a fim de facilitar a identificação e extração de informações para posterior interpretação.

A investigação se estruturou primeiramente na construção de mosaicos multitemporal das fotografias aéreas (nº 4482 e 4470) da SUDENE/SACS do ano de

1976 na escala de 1:70. 000, cedidas pelo prof. Dr. Jorge Hamilton S. dos Santos. A imagem de satélite World View-2 da empresa DigitalGlobe do ano de 2010, foi cedida pelo prof^oMe. Ulisses Denache Vieira Souza, para fins desta pesquisa. Essa imagem possui resolução espacial de 0,50 m na banda pancromática e 2,00 m nas bandas multiespectrais, além de uma resolução radiométrica de 11 bits, mas com uma disponibilidade de imagens bastante restrita, pois são de elevado valor comercial. Por fim, o outro produto adquirido foi à imagem do Google Earth Pró do ano de 2015, cujo principal desafio foi buscar produtos com ausência de cobertura de nuvens e que melhor se adequassem ao objetivo do trabalho. Para área em análise, esta última foi à única imagem encontrada sem cobertura de nuvens.

3.3 Levantamento e análise de campo

As visitas de campo subsidiaram o reconhecimento de áreas, a identificação das feições geomorfológicas e caracterização geoambiental da área, tendo em vista que o conhecimento prévio da região estudada auxilia na identificação das feições geomorfológicas. Em tais visitas foram realizados os registros fotográficos para a coleta in loco de informações a respeito dos condicionantes abióticos e bióticos, intensidade das ações antrópicas no ambiente local, identificação de alguns apicuns para validação dos trabalhos de gabinete utilizando o GPS Garmim Oregon 650.

3.4 Elaboração e análise de banco de dados em SIG

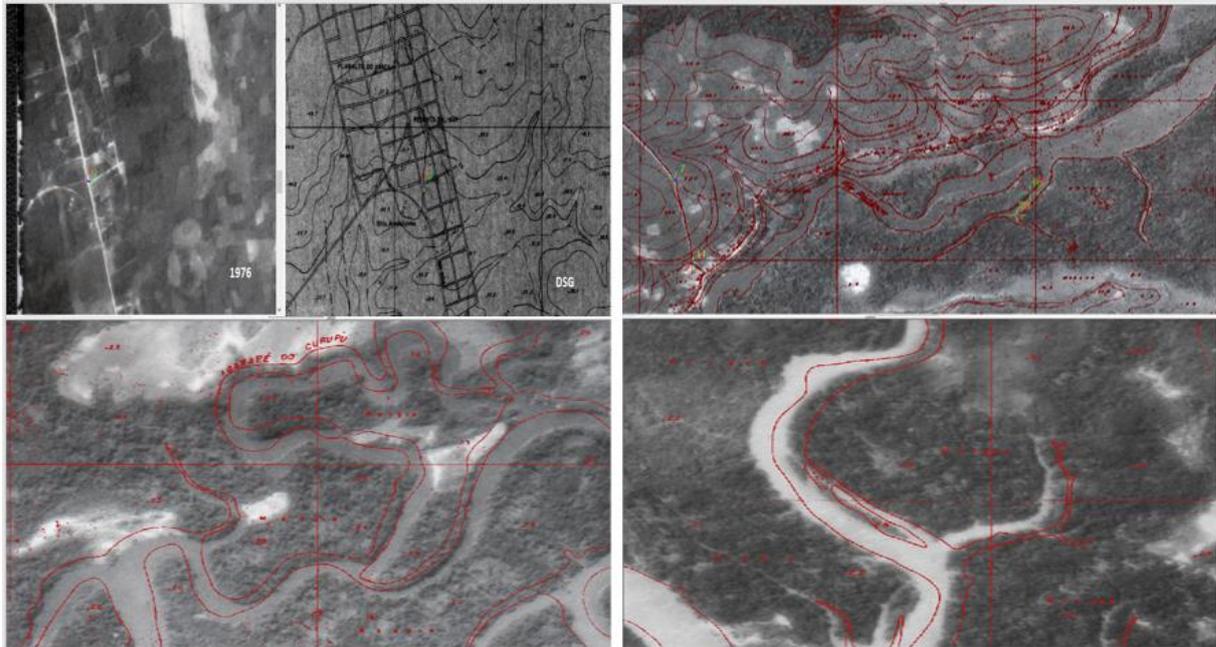
A seguir são descritos os procedimentos utilizados para a elaboração do banco de dados a partir de dados matriciais e vetoriais em ambiente SIG, sendo utilizados o software ArcGIS 10.2 para análise dos dados, processos de vetorização, permitindo a obtenção de informações espaciais para compreender a evolução espaço-temporal das feições objeto de estudo da presente pesquisa.

3.4.1 Mosaico e georreferenciamento da aerofotografia de 1976

Esta etapa consistiu em unir cenas orbitais, gerando uma única imagem raster e alinhamento geométrico da aerofotografia para maior precisão. No georreferenciamento foram utilizadas cartas topográficas DSG/ME, escala 1:100.000 de 1980, disponível no site do ZEE-MA, onde foram coletados pontos comuns denominados como pontos de controle (Figura 09), ou seja, feições reconhecidas nas DSGs, como cruzamentos, estradas, que possibilitaram a sobreposição da aerofotografia de 1976 sem sistema de coordenadas com às cartas DSGs, estas com sistema de coordenada conhecido.

Posteriormente foram coletados mais pontos de controle a partir da imagem do World View II do ano de 2010.

Figura 09 - Atribuição de pontos de controle durante o processo de georreferenciamento da aerofotografia de 1976.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.4.2 Vetorizações

A vetorização segundo Macêdo (2011) consiste no processo de transformar linhas e contornos de uma imagem em representações numéricas, onde os dados vetoriais são armazenados e representados por vértices definidos por um par de coordenadas, sendo que os elementos de uma imagem expressos por vetores são representados, dependendo de sua escala, por três tipos de feições geométricas: ponto, linha e polígono.

A vetorização da linha de costa, mangue, apicuns e das unidades de paisagem da área de estudo foi realizada no ArcGis 10.2.2 através da criação de shapefiles de polígonos para cada classe estudada e posteriormente, essas classes foram agrupadas manualmente. Para isso foi realizado a classificação visual de cada objeto, representados por polígonos sendo cada classe caracterizada por diferentes cores e texturas. Para vetorização das classes da imagem mais antiga para a confecção do mapa de unidade de paisagem, foi utilizada como base a carta topografia DSG/IBGE folha 495 escala 1:100.000 (Figura 10), no intuito de diferenciar algumas feições.

Foto 10- Imagem da Carta topografia DSG/IBGE folha 495.



Fonte: DSG/SUDENE/IBGE (1980).

Para a imagem do Google Earth Pró, ao ano de 2015, foram criados polígonos para cada classe e posteriormente importados como arquivo kml para o arcgis. Para tanto, durante o processo de vetorização, podem ocorrer erros de topologia, sendo esta é definida como o relacionamento espacial entre as feições. Os erros topológicos impedem a execução de qualquer processamento e sua correção foi necessária após a criação de polígonos no próprio Google Earth Pró. Este tratamento foi realizado no arcgis 10.2, através da topologia de geodatabase caracterizada como um conjunto de regras e propriedades que definem os relacionamentos espaciais, onde o usuário pode modelar e preservar em seus dados através de mais de 20 regras de topologia.

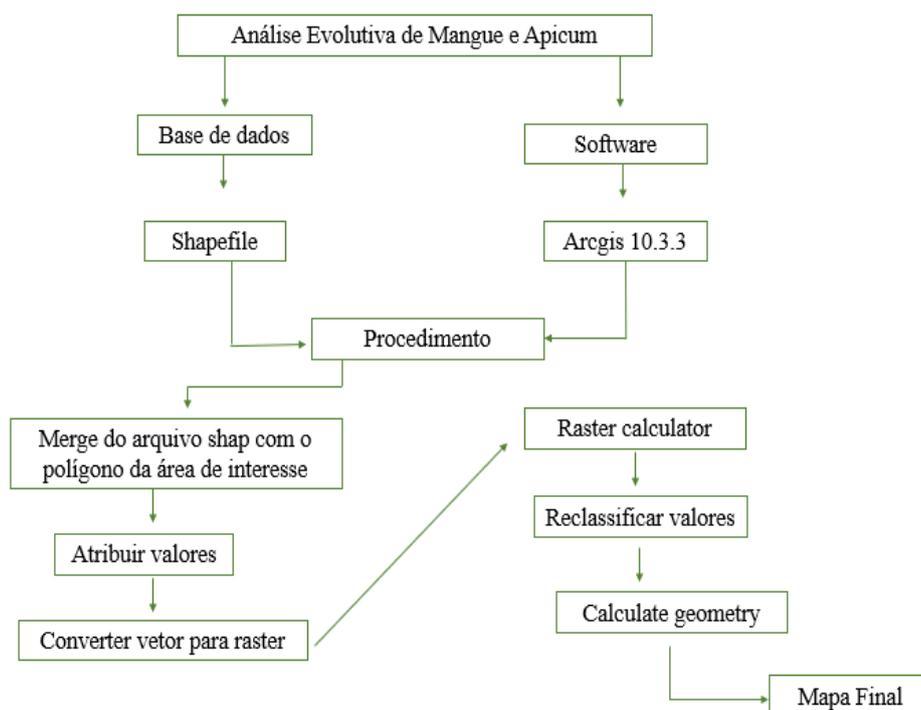
O processo de vetorização da linha de costa consistiu inicialmente na utilização de um indicador, tendo em vista que dentro da área definida como o limite da baixar-marequinociais de sizígia até o início da faixa colonizada por vegetação pode-se extrair várias linhas de costa dependendo do objeto de estudo que se pretende analisar. A linha da vegetação que se constitui no limite da ocorrência de vegetação em direção à praia, foi considerada por Hoeke *et al.* (2001) um bom indicador da posição da linha de costa em trabalhos com interpretações de imagens aéreas. É capaz de indicar variações

espaciais tanto de acreção, quanto de erosão. Para Boak e Turner (2005) o indicador ideal para extração da linha de costa é aquele que apresenta melhor visualização em campo, em fotografias e imagens aéreas, devendo estar presente em todas as séries temporais.

3.4.3 Mapeamento da evolução do ecossistema de manguezal e apicum

Para analisar a evolução espaço-temporal do ecossistema de mangue e apicum foi realizado o processamento através do método de álgebra de mapas, que consiste na aplicação de operações aritméticas cuja associação de várias camadas, permite obter como resultado, classificações e posteriores análises após a transformação dos arquivos em rastros na ferramenta de conversão na opção: ArcToolbox>conversion tools >toraster. Posteriormente foi feita a subtração dos rasters gerados através da ferramenta rastercalculator na opção map álgebra (Figura 11).

Figura 11- Resumo esquemático do método aplicado.



Fonte: Elaborado pela autora

3.4.4 Mapeamento da evolução da linha de costa

A linha de costa da área de estudo é caracterizada por ser irregular e possuir inúmeras reentrâncias, para tanto, a ferramenta DSAS é um método indicado para linhas de costas homogêneas, as quais não apresentem reentrâncias ou cúspides acentuados ao longo do segmento costeiro (ALBUQUERQUE 2013). Para identificação dos setores em erosão e progradação, foi realizado a partir de duas linhas de costas distintas. Para o

cruzamento destas foi gerados uma série de polígonos entre as linhas de interesse considerando o avanço ou o recuo da referida linha mais recente em relação à linha de costa mais antiga considerada a linha de base, de forma a evidenciar as regiões de ocorrência de erosão e deposição através da subtração de polígonos. As áreas estáveis foram consideradas aquelas que no decorrer dos anos alisados não apresentaram quaisquer alterações.

Afirmando a relevância desse procedimento metodológico para a análise das mudanças na linha de costa, Souza Filho (2005) ressalta que após as etapas de processamento dos dados orbitais, devem ser traçados, com o uso de softwares, vetores marcando a posição da linha de costa em todas as imagens analisadas. Em seguida, pode-se realizar a edição de polígonos, a sobreposição dos vetores, classificação e quantificação das áreas onde ocorreram mudanças, bem como, a mensuração de distâncias lineares, taxas e porcentagens. Assim, com o emprego desta técnica podem ser mapeadas, comparadas e quantificadas as diferentes mudanças ocorridas na linha de costa e nas suas proximidades.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Analisar as alterações da linha de costa, dos manguezais e apicuns no município de Raposa, utilizando técnicas de geoprocessamento.

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as unidades de paisagem do município de Raposa nos anos e 1976, 2010 e 2015;
- Mapear a evolução do manguezal, apicum e linha de costa como indicadores de dinâmica costeiras no período de 1976 a 2015;
- Identificar os diferentes setores em progradação e/ou retrogradação no município da Raposa;
- Identificar o indicador ideal para analisar a morfodinâmica costeira de curto e longo prazo.

5. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 Localização da área de estudo

O litoral do Estado do Maranhão perfaz uma extensão de 640 km, entre a foz do rio Gurupi e a do rio Parnaíba, e apresenta um forte controle estrutural, com a atuação de processos erosivos e de acresção que modelam uma fisiografia dinâmica (El-Robrinie *et al.*, 2006, p 89).

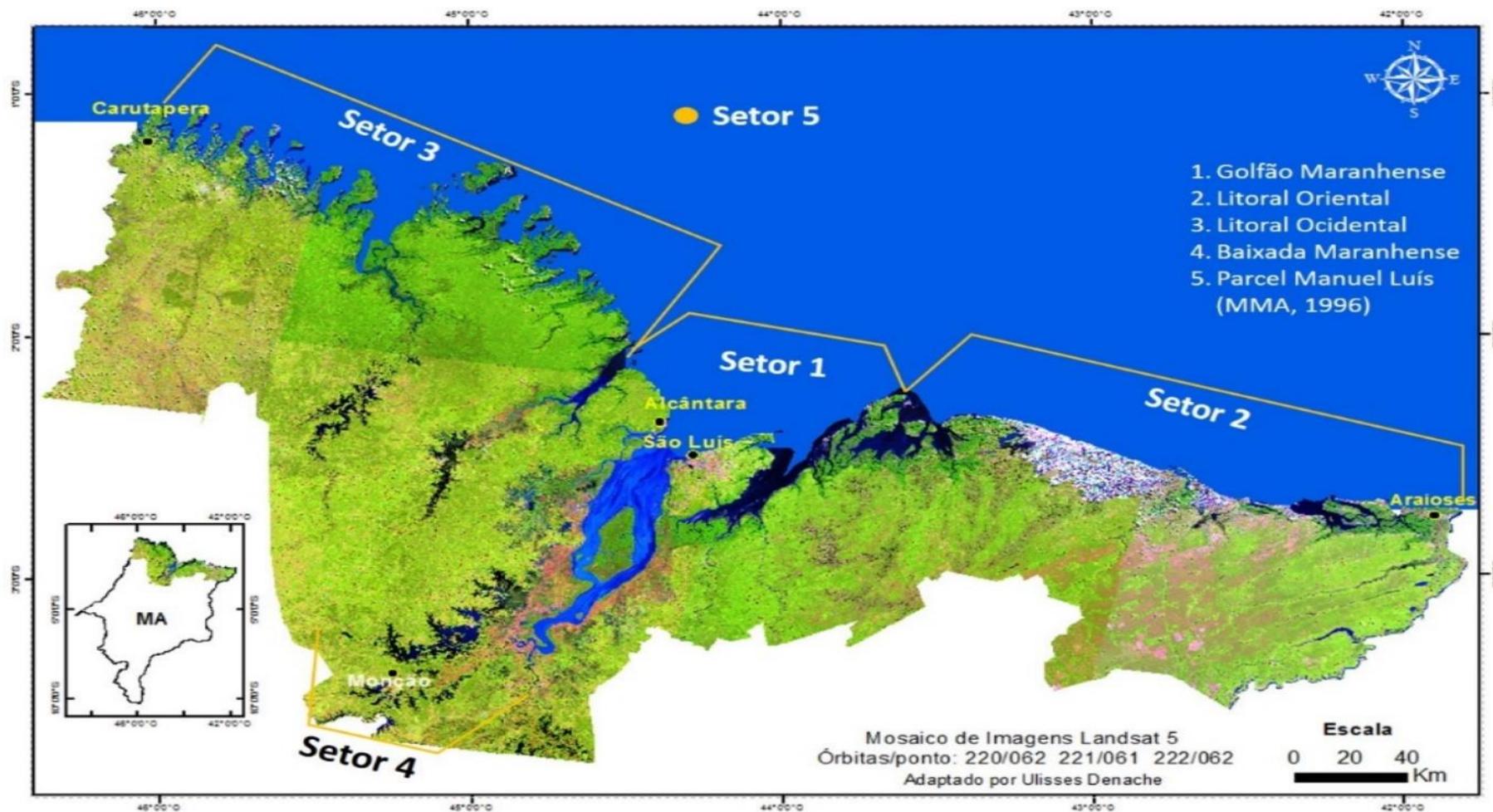
A ZCEM apresenta cinco setores (Figura 12) de acordo com El-Robrinie (*op. cit.*), com características fisiográficas bem diferenciadas:

“O Golfão maranhense, caracterizado como um complexo estuarino, onde deságuam os afluentes dos rios Mearim, Itapecuru e Munim, entre outros menos expressivos; o Litoral oriental marcado por uma linha de costa retilínea, recortando restingas, cordões de dunas fixas e móveis, manguezais, praias, baías, ilhas, enseadas e sistemas deltáicos, estuarinos; o Litoral ocidental, conhecido como a região das “reentrâncias maranhenses”, exibindo importantes manguezais e profundos estuários; a Baixada maranhense, representada por terras baixas, planas e inundáveis, caracterizadas por campos, matas de galeria, manguezais e bacias lacustres e o Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís, uma região recifal coralina, quase totalmente submersa, com pequenos afloramentos de algas durante a baixamar”.

Nessa perspectiva Feitosa (2006) ressalta que a faixa litorânea do Maranhão possui características geoambientais diferenciadas que justificam sua divisão em Litoral Ocidental, Golfão Maranhense e Litoral Oriental, apresentando largura variável de oeste para leste, sendo mais ampla na área das reentrâncias, na qual são identificados apicuns, falésias, lagunas, manguezais, pântanos salinos e salobros, praias e vasas. Entretanto, o solapamento das estruturas sedimentares dá origem ao Grupo Barreiras localizado nas áreas do Litoral Ocidental e do Golfão Maranhense que conformam falésias cuja dinâmica dos processos erosivos acarreta o recuo da barreira e o consequente avanço da linha da costa contribuindo para a retificação do litoral.

O Golfão Maranhense é um complexo estuarino localizado em uma posição em ângulo reto em relação ao litoral. No golfão, desembocam duas drenagens independentes; o sistema Mearim/ Pindaré/ Grajaú, na baía de São Marcos, e o rio Itapecurú, na baía de São José. O golfão é largamente aberto ao norte sobre a plataforma continental (100 km) e é desenvolvido entre os setores 02 e 03 (figura 12). A NW, o litoral é constituído por “falsas rias” e a Leste, este trecho é retilíneo e ocupado por campos de dunas (El-Robrini, 1992).

Figura 12- Mapa de Setorização da Zona Costeira do Estado do Maranhão (ZCEM): Setor 1 – Golfão Maranhense, Setor 2 – Litoral oriental, Setor 3 – Litoral ocidental Setor 4 – Baixada maranhense e Setor 5 – Parcel Manuel Luís - MMA (2018).



Fonte: El Robrini *et al.* (2018).

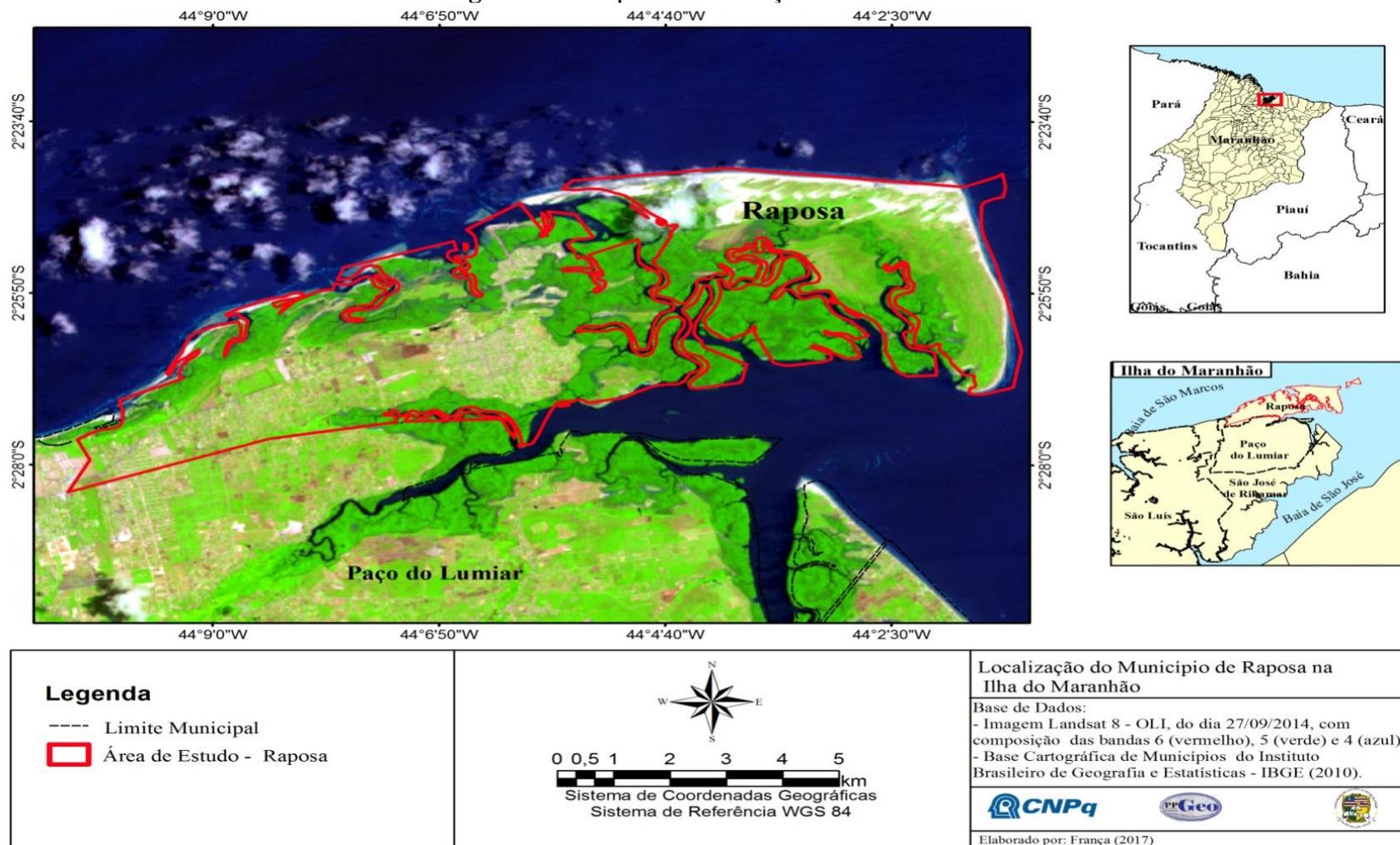
Considerando os cinco setores da ZCEM, a área de estudo está inserida no setor 1, correspondente ao Litoral Oriental. Nesse aspecto, Feitosa (2006) destaca que os principais recortes desse litoral, destacam-se as baías de Turiaçu, Lençóis, Capim, Cabelo de Velha, Cumã, Mutuoca, Maracaçumé, Carará, Piracaua, Tromaí e Iririçu, Iririmirim e Gurupi, todas circundadas por ilhas de extensão e forma variadas, resultantes da dinâmica sedimentar.

O município de Raposa está localizado a nordeste da ilha do Maranhão compreendendo uma área de 64 km², distante aproximadamente 32km da Capital do Estado, São Luís, sendo delimitada pela Baía de São Marcos a norte até o mar aberto e a Baía de Curupu, ao sul e a ilha do Maranhão, a oeste.

Conforme o IBGE (1997), o município da Raposa localiza-se no setor norte do Estado e da ilha do Maranhão entre as seguintes coordenadas geográficas: 2°24'59'' de latitude sul e 44°05'26'' de longitude oeste, a sul 2°27'57'' de latitude sul e 44°05'14'' de longitude oeste, a Leste, 2°27'03'' de latitude sul e 44°01'35'' de longitude oeste e a oeste, 2°25'41'' de latitude sul e 44°01'35'' de longitude oeste (Figura 13).

Segundo Feitosa (1996), a área de estudo inclui a Ilha de Curupu, que corresponde ao extremo nordeste da Ilha do Maranhão, separada por um conjunto de canais de marés, estreitos e divagantes, e da qual se difere particularmente pelas configurações de suas feições deposicionais recentes dominadas por praias e dunas na faixa voltada para o Oceano Atlântico e a baía de Curupu, e por manguezais e pântanos salobros na zona interna.

Figura 13 – Mapa de Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora.

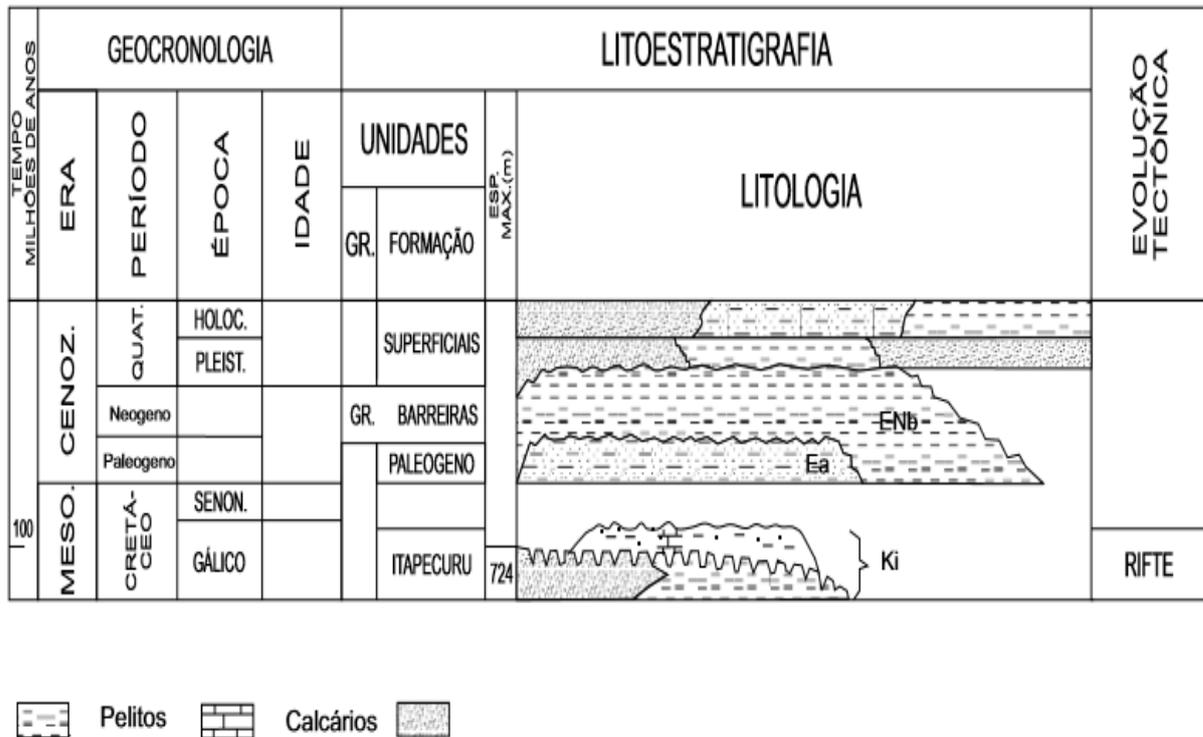
4.2 Aspectos geológicos

A nível regional a área de estudo está inserida numa zona de ocorrência de rochas cristalinas do embasamento pré-Cambriano, que segundo o ZCEM (2003), afloram em pontos restritos da bacia e rochas sedimentares abrangendo um lapso de tempo compreendido entre o Paleozóico inferior (Siluriano) e o Quaternário. Estes litotipos recobrem quase que totalmente a Bacia Intracratônica do Parnaíba, bem como as bacias marginais de São Luís e Barreirinhas.

A área de estudo está localizada a sudoeste da bacia sedimentar de Barreirinhas, próximo ao extremo oriental da bacia sedimentar de São Luís, Segundo Feitosa (1996), nas formações superficiais das bacias de Barreirinhas e São Luís, existe uma predominância de sedimentos quaternários, compostos por clásticos de granulometria proporcionalmente homogênea, sendo recorrentes os ecossistemas de praias, dunas, mangues, vasas e solos lateríticos.

A Bacia de São Luís é constituída por rochas cretáceas da Formação Itapecuru (Figura 14), recobertas por formações superficiais de idade Cenozóica: Paleogeno, Grupo Barreiras, coberturas lateríticas e depósitos quaternários (VEIGA JUNIOR, 2000 p.14).

Figura 14- Carta estratigráfica da Bacia de São Luís.



Fonte: Veiga Junior (2000).

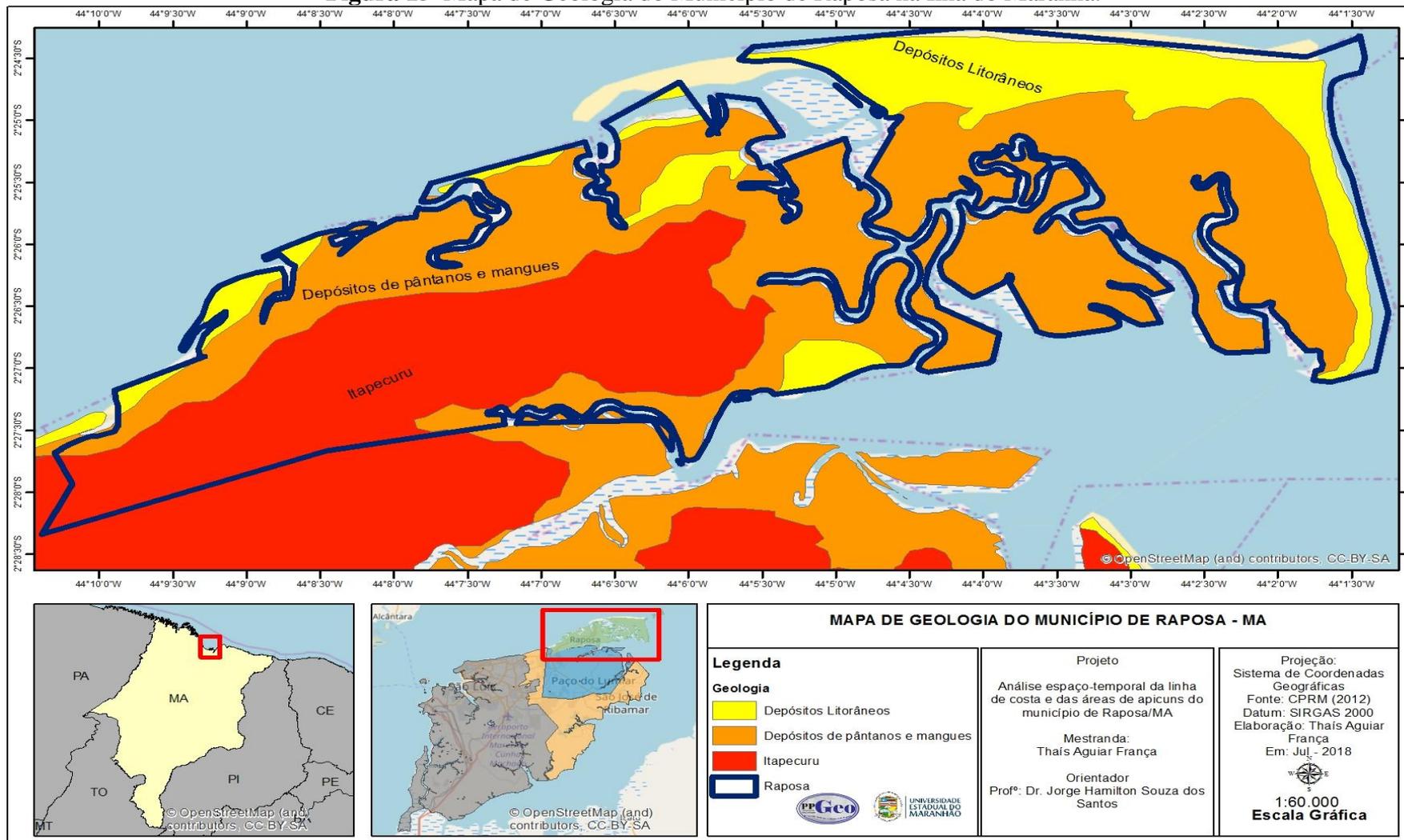
Nesse sentido, a exposição da Formação Itapecuru (Figura 15), constituída por arenitos finos e argilosos de cores diversas, com estratificações cruzadas, da Série Barreiras (formada por sedimentos clásticos mal selecionados, variando de siltitos a conglomerados) e do Quaternário, onde são encontradas formações de dunas, mangues, paleodunas, marismas e praias (Brasil, 1973), com a predominância dos depósitos marinhos litorâneos que são constituídos principalmente de areia fina e silte.

Para Moura (2002) a Formação Itapecuru data do Cretáceo Superior sendo constituída por arenitos finos argilosos ou muito argilosos ricos em argila do grupo das caulinitas intercalados por folhelhos, uma vez que dadas as condições de altas porcentagens de umidade e de médias térmicas na região, estes sedimentos apresentam alto estado de intemperização.

Por outro lado, o Grupo Barreiras, de idade Tércio-Quaternária, se distribui superficialmente, predominando essencialmente arenitos, que para Veiga Junior (2000), este grupo repousa sobre unidades mais antigas do Pré-Cambriano até o Paleogeno e é recoberto discordantemente pelos sedimentos de idade quaternária (pleistocênica e holocênica).

Destaca-se ainda outro grupo de bastante expressividade na Formação Açuí, que segundo Santos (2008) e Farias Filho *et al.* (2015), data do quaternário e tem como características sedimentos argilo-arenosos com origem aproximada entre o Pleistoceno superior e o Holoceno, representada por depósitos fluviomarinhas recentes compostos por cascalho, areias, siltes e argilas inconsolidadas que podem ter origem fluvial, marinha ou flúvio-marinha, construindo substrato da vegetação de mangue ao longo do litoral da Ilha do Maranhão.

Figura 15- Mapa de Geologia do Município de Raposa na Ilha do Maranhã.



Fonte: CPRM (2012).

As coberturas quaternárias holocênicas, englobam os depósitos de manguê (QHm), depósitos marinhos litorâneos (QHml), depósitos flúvio-marinhos (QHfm) e Depósitos Eólicos Litorâneos (QHe) (Mapa 02). Veiga Junior (2000) destaca que Depósitos de Mangues (Figura 16) estão localizados próximos ao litoral, submetidos à ação das marés e associados aos depósitos de cordões litorâneos, aos depósitos de argilas adensadas com areias, aos depósitos marinhos litorâneos e aos depósitos flúvio-marinhos. São constituídos por lamas arenosas, plásticas, não adensadas, maciças e bioturbadas, recobertas por vegetação arbustiva característica, desenvolvendo manguezais.

Figura 16- Depósitos de manguê na ilha do Curupu no município de Raposa.



Fonte: Acervo da autora.

No que tange aos Depósitos Marinhos Litorâneos, Veiga Junior (2000), ressalta que ocorrem na faixa costeira, constituindo os depósitos arenosos de toda zona de praia da planície costeira atual, suavemente inclinada em direção ao mar, submetida também à ação das marés. As praias são compostas por areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, bem selecionadas.

Em parte da linha de costa da Raposa pode ser observada a presença da planície lamosa a retaguarda das praias arenosas ora colonizadas por manguezal. As praias neste setor da ilha, apresentam-se com largura variando de 50m (parte abrigada) até aproximadamente 1km (município da Raposa) com erosão acentuada em alguns locais.

Os Depósitos Flúvio-Marinhos, Estes depósitos formam as ilhas nos baixos cursos das principais drenagens e os terraços das margens das baías. Eles sofrem influência dos rios e das marés. São constituídos de areias finas, esbranquiçadas, quartzosas, texturalmente maduras

(VEIGA JUNIOR, 2000). Segundo Rodrigues *et al.* (1994a), são originados por processos de tração subaquosa, caracterizada pela migração de dunas de acresção lateral; constituem fácies de canal e barras de canal.

Os depósitos Eólicos Costeiros (Figura 17) são característicos de ambientes desérticos e costeiros apresentando uma série de morfologias comuns e específicas, tais como: lençóis de areia, dunas barcanas, barcanóides, longitudinais, transversais, blowouts, dunas nebkhas, de sombra, parabólicas, cadeias de parabólicas e frontais, (comuns ao longo do litoral brasileiro).

Na resolução do CONAMA nº 303/2002, as dunas são definidas como unidade geomorfológica de constituição predominantemente arenosa, com aparência de câmoros ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação. Quando recobertas por vegetação são classificadas como dunas fixas.

Embora existam várias definições sobre as dunas costeiras, estas, de acordo com Santos (1996), caracterizam ambientes construcionais, resultantes, principalmente, da conjugação dos agentes oceanográficos e climáticos, a qual pode ocorrer na franja costeira destituída ou não de vegetação.

As dunas ativas, denominadas de móveis ou livres, são as que apresentam a maior mobilidade nas áreas desérticas e costeiras. Elas apresentam um número significativo de formas em decorrência, dentre outros fatores, da disponibilidade de sedimentos incoesos, da competência (velocidade) e direção dos ventos incidentes (SANTOS, 2008).

As dunas que fazem parte do relevo atual, mas quando se encontram estabilizadas devido à alteração de algum parâmetro climático, são denominadas fixadas, fixas, fósseis, reliquiárias ou inativas de acordo com Barreto (apud Santos, 2008, p. 107).

Os depósitos Eólicos Costeiros no Estado do Maranhão ocorrem principalmente na porção emersa da Bacia de São Luís e Barreirinhas, constituindo dunas costeiras móveis e fixas. Na área em análise tem-se a presença das dunas barcanas, parabólicas, frontais, lençóis de areia (planície de deflação), cordões de areia e rastros de dunas.

Figura 17 - Depósito eólico costeiro (planície de deflação e dunas) no Município de Raposa.



Fonte: Acervo da autora.

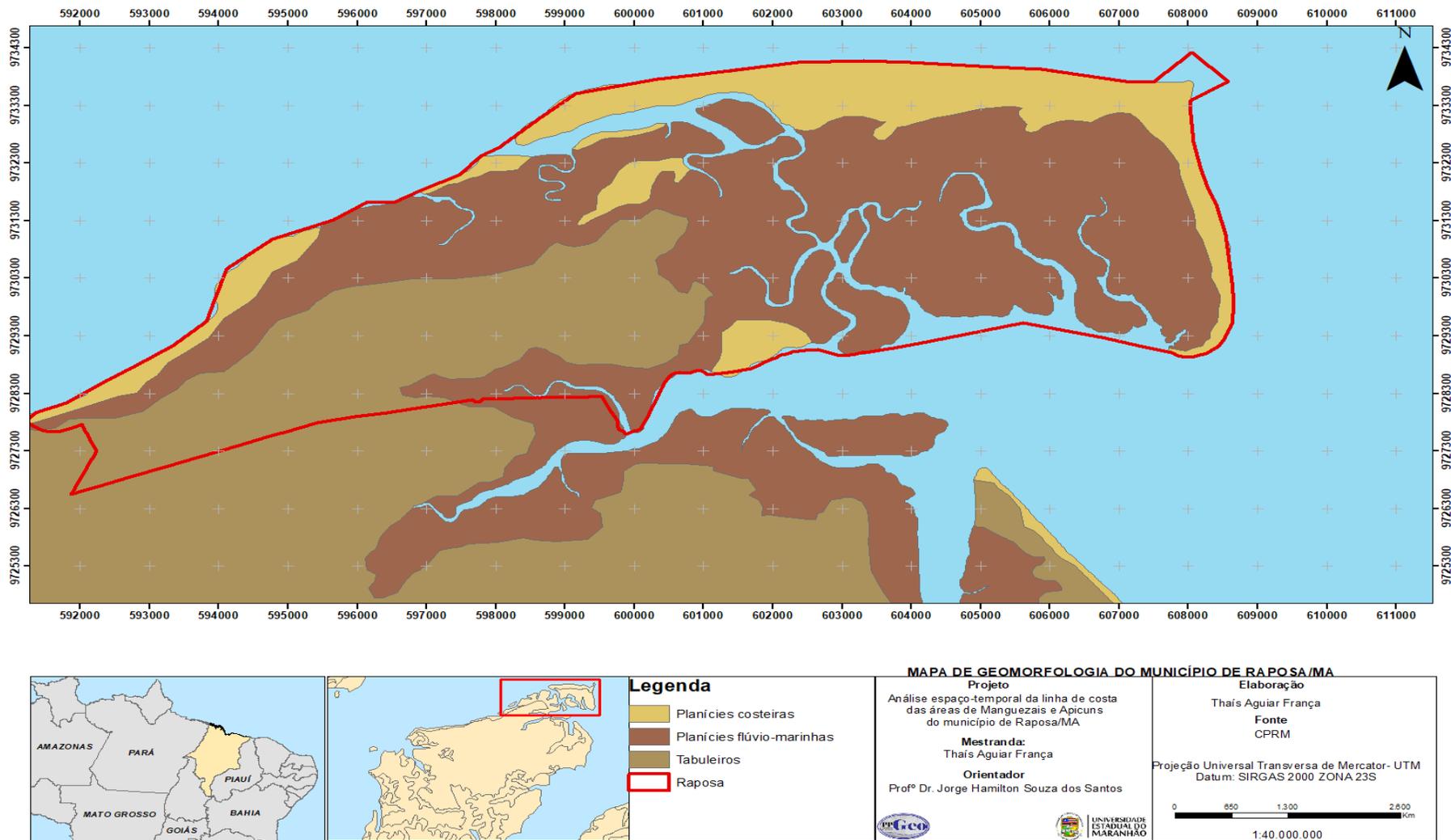
Destaca-se, portanto, que os segmentos de praias, dunas e manguezais da área apresentam características dinâmicas que denunciam processos morfogenéticos com o aporte de sedimentos pelas correntes costeiras que são carreados até a praia pelas ondas (FEITOSA, 1996). A significativa área praial do município de Raposa é receptora de material proveniente da plataforma continental interna e do sistema de drenagem representado pelos rios Itapecuru e Paciência. Assim, os sedimentos arenosos depositados sobre a face praial, os quais, segundo Gonçalves *et al.* (2005), ficam expostos diariamente durante os ciclos de macromarés (intervalos de 12 horas), são remobilizados em direção ao interior da planície costeira em análise pelos ventos unidirecionais do quadrante nordeste.

4.3 Aspectos geomorfológicos

A área de estudo integra o segmento costeiro do Golfão Maranhense, considerado o segundo maior golfo da costa brasileira estendendo-se da Ponta dos Atinsna Ilha de Santana, abrangendo os municípios de Alcântara, São Luís, Paço do Lumiar, São José de Ribamar, Humberto de Campos e Raposa. O mesmo abrange área das baías de São Marcos, São José na parte interna, bem como as baías de Cumã e Tubarão, demarcando o Golfão na parte oeste e leste respectivamente.

No interior da Ilhado Maranhão as formas de relevo são constituídas por formações tabulares e subtabulares, por vezes muito recortados nas bordas, com altitudes de até 40 metros. A geomorfologia da Ilha decorrente dos processos hidrológicos assume formas residuais com altitudes máximas de até 60 metros (FEITOSA, 1997).

Figura 18 - Mapa de geomorfologia da Ilha do Maranhão.



Fonte: CPRM (2012).

No que tange a evolução geomorfológica do Golfão Ab'Saber (1960), ressalta que iniciou-se com o soerguimento da faixa litorânea, no Plioceno, implicando em superimposição da rede de drenagem e a erosão da Formação Barreiras (atualmente classificado como Grupo Barreiras), seguido por um novo soerguimento com retomada de erosão e aprofundamento dos vales a um nível mais inferior.

Destaca-se ainda que o Golfão Maranhense é sustentado por três unidades geomorfológicas distintas (El Robrini, 2006), sendo o maciço residual que representa as maiores elevações (200 m), caracterizando inselbergs, desenvolvidos sobre metassedimentos do Grupo Gurupi, a zona dos platôs, que constituem uma série de platôs de bordas escarpadas e ravinadas, esculpidas em sedimentos do Grupo Barreiras e o planalto rebaixado da Amazônia da zona bragantina e a unidade geomorfológica do baixo planalto costeiro, que representa um planalto sustentado por conglomerados da Formação do Grupo Barreiras, caracterizado por um relevo colinoso de baixa amplitude.

Em função dos processos geomorfológicos verificam-se na zona costeira do Maranhão, quatro ambientes diferenciados, sendo estes a Planície Sublitorânea, Planície Litorânea, Planície Costeira, e Planície Flúvio-marinha. A faixa litorânea do Maranhão possui características geoambientais diferenciadas, sendo dividida em Litoral Ocidental, Golfão Maranhense e Litoral Oriental, onde podem ser identificados diferentes ecossistemas como apicuns, falésias, lagunas, manguezais, pântanos salinos e salobros, praias e vasas.

A planície sublitorânea, segundo Feitosa (2006) corresponde ao prolongamento da faixa costeira em direção ao oceano, abrangendo a Plataforma Continental que é larga a oeste, onde atinge até 250 km, e estreita a leste com profundidades de até 200m.

No que se refere à planície litorânea esta é modelada por agentes e processos marinhos e flúvio-marinhos que dão origem às praias, mangues, vasas, pântanos, apicuns, lagunas e falésias, enquanto na área de fluxo indireto (maré dinâmica) ocorrem os pântanos e campos inundáveis. Neste ambiente destacam-se o Litoral Ocidental, o Golfão Maranhense e o Litoral Oriental. (Feitosa, *op cit.*).

A Planície Costeira corresponde à costa emersa adjacente à planície litorânea, Feitosa (2013) destaca que possui influência direta e indireta dos agentes oceanográficos, cuja influência direta se manifesta nas áreas contíguas à linha da costa, através da umidade e da salinidade transportada pelo vento diminuindo com o afastamento desta. Integrando esta unidade geoambiental podem ser discriminados três subsistemas ambientais: Costa de Dunas e Restingas e Tabuleiros Costeiros. Nesta faixa, estão inseridos os subambientes de

manguezais, planícies arenosas, cheniers, dunas costeiras ativas e inativas, deltas de maré enchente e vazante, e praias-barreira. (SOUZA FILHO, 1995).

El Robrini (2003) ressalta que a planície flúvio-marinha corresponde à planície aluvial, com canal fluvial, diques marginais e planície de inundação, que são áreas pouco elevadas, acima do nível médio das águas, sujeitas ou não a inundações por ocasião das cheias, além da planície estuarina, com canal estuarino, subdividido em curso superior, segmento reto, segmento meandrante e funil estuarino.

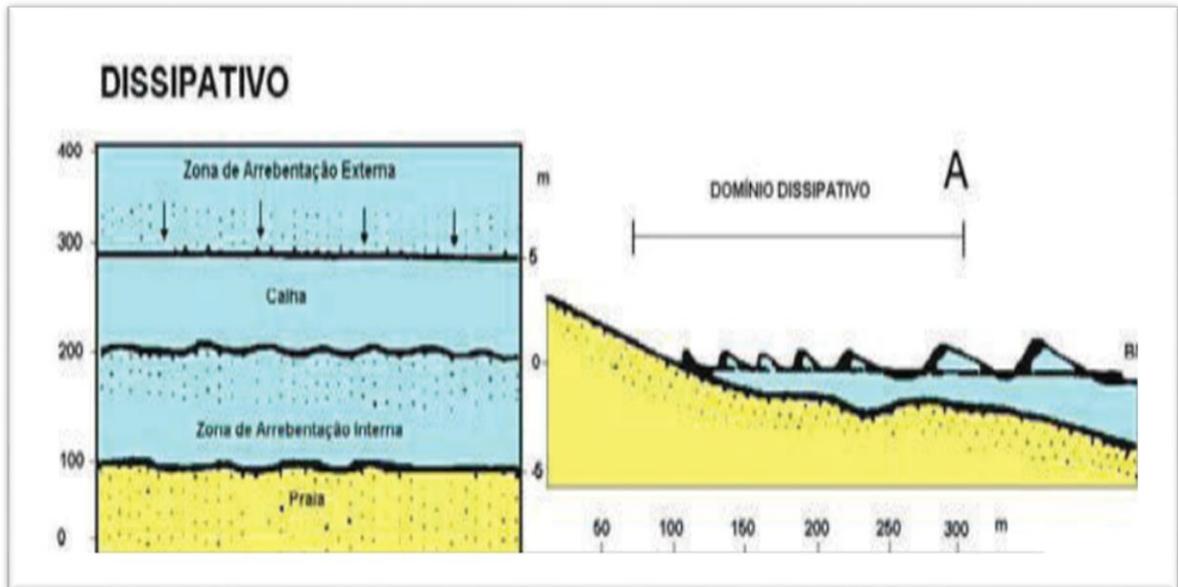
A área de estudo está inserida no litoral oriental, pertencente à ilha do Maranhão a qual está situada no centro da Planície Flúvio-marinha do Golfão Maranhense integrante da Bacia Costeira de São Luís, cuja dinâmica geomorfológica se caracteriza pela atuação de processos de acumulação fluvial, flúvio-marinha e eólica que, por sua vez, originam diferentes feições com elevado dinamismo, favorecido pela reduzida precipitação, baixa umidade do ar e ausência quase total da cobertura vegetal nos trechos correspondentes as dunas móveis.

Nessa perspectiva, acompanhando a faixa litorânea encontram-se segmentos de praia caracterizados por depósitos de material inconsolidado, constituídos de areia fina, formados na interface entre a terra e o mar que são retrabalhados por processos atuais associados a ondas, marés, ventos e correntes, cujos limites são definidos pela linha de baixar mar e preamar que variam conforme a amplitude de maré.

A ocorrência das areias quartzosas marinhas está restrita a faixa da praia e dunas, tendo como fonte principal de material originário destes solos são os sedimentos areníticos de origem marinha, depositados na linha da costa, em relevo que varia de plano a suavemente ondulado, correspondendo a solos arenosos, não hidromórficos de cor clara e esbranquiçada, constituídos basicamente de quartzo, muito profundos, excessivamente drenados e de baixa fertilidade natural (CAVALCANTI, 2004).

Em se tratando de estágios morfológicos das praias da área de estudo, o estágio dissipativo (Figura 19) característico da maioria da costa, se destaca por apresentar segundo Calliari *et al.* (2003) uma zona de surfe larga, com baixo gradiente topográfico e elevado estoque de areia na porção subaquosa da praia. Condições dissipativas são favorecidas pela ocorrência de ondas altas e de elevada esbeltez ou pela presença de areias de granulometria fina. Neste estágio, onde a reserva de areia se encontra na zona submarina da praia, bancos longitudinais, paralelos à praia, são comuns.

Figura 19- Estágio morfodinâmico dissipativo.



Fonte: Wright e Short (1984) apud Muehe (1996).

A costa emersa da área de estudo é marcada pela ocorrência do campo de dunas fixas e dunas costeiras móveis conferindo uma tendência à instabilidade. A ocorrência dessas feições está diretamente associada aos agentes oceanográficos e climáticos, uma vez que a ação das correntes transporta sedimentos depositando-os na praia que em seguida são transportados para áreas de dunas.

Na área de estudo, as dunas estão distribuídas ao longo da linha da costa e são resultantes da deflação eólica, formando dunas de espessura e altitude variadas, denotando um ambiente extremamente sensível, onde atuam importantes agentes de retificação da linha costeira, como os ventos alísios provenientes do quadrante NE e a oscilação das marés.

As dunas da área de estudo apresentam-se relativamente baixas entre 2 e 10m de altura intercaladas por áreas planas (planície interdunar), onde as características dinâmicas denunciam processos morfogenéticos como o aporte de sedimentos pelas correntes costeiras os quais são carregados pelos agentes oceanográficos (ondas e correntes) sendo transportados para a área emersa pelos ventos.

Nessa unidade de paisagem ocorre a inter-relação entre diferentes elementos que contribuem para seu dinamismo: com os movimentos de fluxo e refluxo das marés e da deriva litorânea ocorre a deposição de sedimento na face da praia, e em seguida por deflação eólica é transportado para o interior formando o sistema de dunas onde ocorre o seu retalhamento e

parte do sedimento retorna à praia adjacente pelo sistema de drenagem, reiniciando o processo.

No contato da praia com a costa emersa ocorrem dunas frontais (Figura 20), que conforme Hesp (2002) tais dunas (foredunes, dunesbordières) são cristas dunares arenosas vegetalizadas formadas nos setores mais próximos do mar das faixas de pós-praia, que em geral, representam cristas convexas vegetadas alinhadas paralelamente à faixa de praia, separadas entre elas por depressões côncavas. Tais formas são denominadas por uma grande variedade de termos: além da terminologia “dunas frontais”, elas também têm sido chamadas de dunas embrionárias (embryodunes), cristas de retenção (retentionridges), cristas de praia (beachridges), cordões de dunas paralelas (parallelduneridges) e dunas transversais (transversedunes).

Figura 20- Dunas frontais situadas na praia de Carimã.



Fonte: acervo da autora.

As dunas móveis da área de estudo se caracterizam por serem as mais recentes, de intensa instabilidade e por não apresentar cobertura vegetal, ocasionado constantemente seu movimento migratório, uma vez que, desprovidas de vegetação as partículas são removidas e dissipadas a longas distâncias sendo depositadas na maioria das vezes em outros ecossistemas frágeis da área como os manguezais.

No que tange as dunas móveis, Cavalcanti (2004) afirma que em sua fase inicial, as dunas móveis são originadas da deposição eólica dos sedimentos arenosos levados até a

praia pela ação marinha, que aliada à intensidade e predomínio dos ventos alísios, corresponde ao principal fator de sua formação e mobilização.

Em contrapartida, ocorre a presença de dunas recobertas por uma cobertura vegetal composta por gramíneas (Figura 21), incipiente, rarefeita e com vida efêmera, que desaparece ou perde sua importância como elemento de fixação de areias durante o período seco.

Figura 21- Vegetação halófito representada pelas gramíneas.

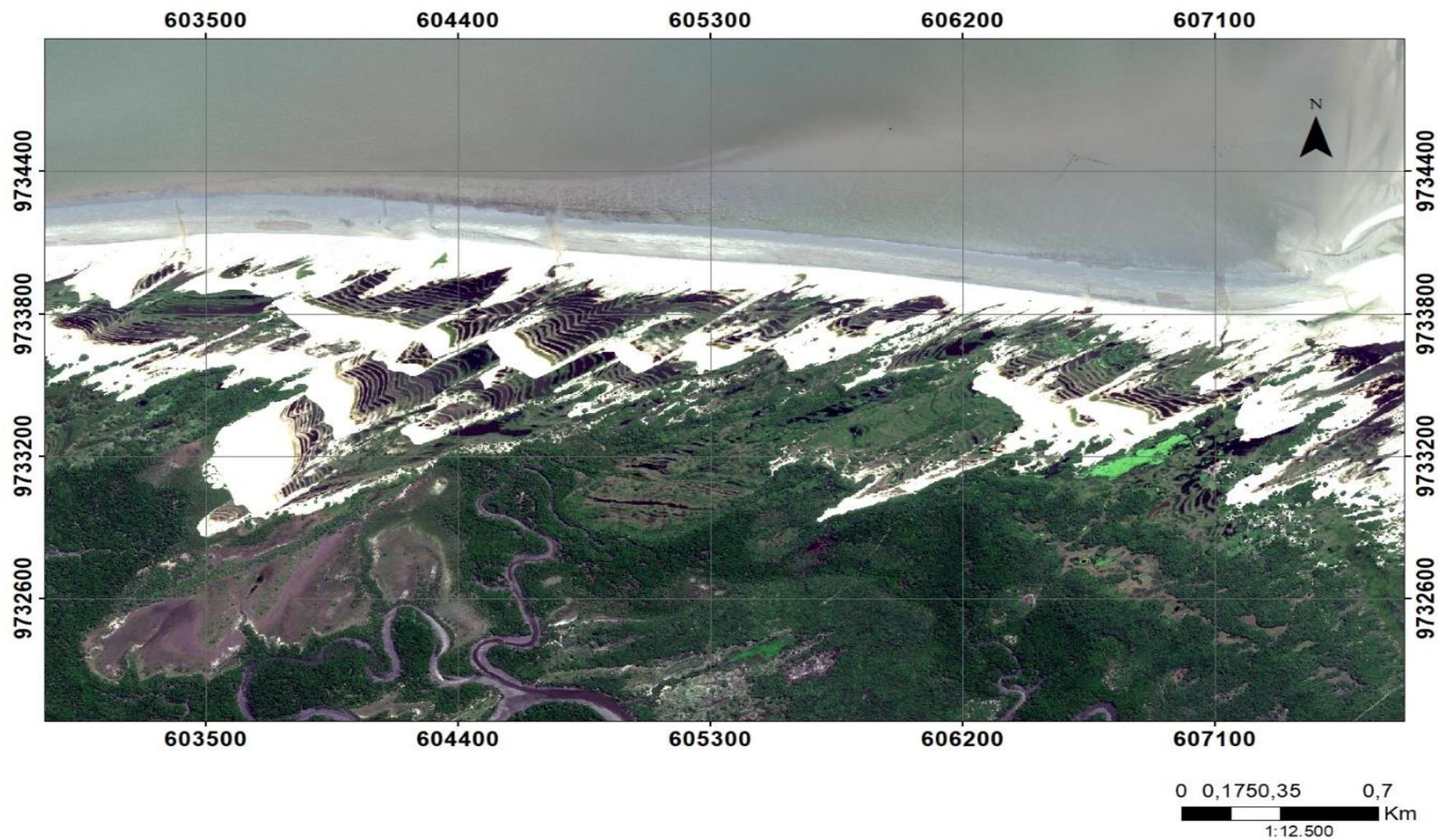


Fonte: Acervo da autora.

Orientadas segundo a direção dos ventos dominantes (alísios de NE), as dunas desenvolvem-se para W e SW, avançando ininterruptamente sobre as formações de dunas mais antigas, estas por sua vez, segundo Cavalcanti (2004) são caracterizadas como dunas estabilizadas, que estão recobertas por uma vegetação herbácea ou arbustiva, estando, portanto, imobilizadas e bioestabilizadas. Sendo mais antigas, favorecem a estabilização do relevo, que ocorre através da melhoria das condições edáficas, contribuindo para uma maior estruturação das camadas superficiais, através de suportes de matéria orgânica.

A migração das dunas pode ser observada através das marcas basais das faces de barlavento que formam um tapete de cristas sinuosas de areia, denominadas esteiras de dunas (Figura 22). A gênese dessas feições está relacionada à interrupção do suprimento de areia cujas feições eólicas são representadas por dunas livres, dunas associadas à vegetação, dunas fixas, esteiras de dunas e feições de erosão “blow out” (GONÇALVES *et al.* 2003).

Figura 22 - Mapa de Localização das esteiras de dunas na Ilha de Curupu no Município da Raposa.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para Gonçalves *et al.* (2003), as esteiras de dunas são arcos parabólicos definidos na superfície do terreno por semelhantes ressaltos aos contornos de barlavento formados quando da migração dos vários tipos de dunas. Obedecem rigorosamente a um controle sazonal, visto que, durante os meses de janeiro a junho, tem-se a estação chuvosa, quando ocorre a elevação do lençol freático e conseqüente à fixação das dunas; no período de estiagem, julho a dezembro, ocorre o rebaixamento do lençol freático e as dunas migram. Esse processo cíclico deixa registradas as esteiras de dunas, formadas não somente pelos ressaltos como, também, por cristas e cavas ou baixios associados. Portanto, a simples leitura do número de cristas ou cavas podem informar sobre o intervalo de tempo de migração das dunas.

A Planície de maré estuarina da área de estudo está ocupada em sua área de inundação pelo ecossistema manguezal, já que a área apresenta condições propícias ao seu desenvolvimento como temperatura, insolação, salinidade, disponibilidade de matéria orgânica, inundação periódica e baixa energia. Os manguezais da área em análise atuam diretamente na dinâmica morfológica, uma vez que, suportam os processos deposicionais devido a constante deposição de partículas sobre a zona inter-maré retardando as ações erosivas.

Por outro lado, na planície de maré superior (schorre), compreendida entre o nível médio das preamares de sizígia e o nível médio das preamares equinociais apresenta relevo mais ondulado e interno, onde ocorre maior porcentagem de sedimentos arenosos. Essas áreas são banhadas apenas por marés de sizígia, e são denominadas de planícies hipersalinas ou Apicuns (Figura 23). No estuário da Raposa, os apicuns são encontrados nas bordas e no interior do bosque. A utilização dos manguezais pela população local encontra-se atrelada a pesca, captura de crustáceos e mariscagem.

Figura 23 - Área de apicum com vegetação herbácea na Ilha de Curupu/ Raposa.



Fonte: Acervo da autora.

Em geral são áreas arenosas as quais podem ser totalmente desprovidas de vegetação e em alguns casos dispõe de espécies vegetais como as herbáceas, sendo, neste caso, designado apicum herbáceo (tanneherbacé). Os elevados valores de salinidade intersticial, devido à topografia plana associada ao clima sazonalmente seco, intensa evaporação e a forte desidratação dos sedimentos são fatores abióticos fundamentais nessas feições (UCHA 2008).

Destaca-se ainda que os apicumsestãoconectados ao manguezal arbóreo pelo fluxo de nutrientes. Nesse aspecto, Nascimento (1999), destaca queoscaranguejos do gênero Uça, ao escavarem galerias nos apicuns, removem o sedimento das camadas inferiores para a superfície, sendo seus nutrientes transportados para o manguezal adjacente pela drenagem da água da chuva.

Por outro lado, na área de estudo, devido ao grande aporte e movimentação de sedimentos ocorrem bancos de areia na porção nordeste (Figura 24), nas proximidades do spit da ilha de Curupu. Sobre a ocorrência dessas feições, Silva (2012) destaca que essas barras podem ser observadas na desembocadura dos rios Paciência e Santo Antônio, durante a baixa-mar. Já na preamar estas geoformas ficam submersa.

Figura 24 - Bancos de areia na Baía de Curupu sendo expostos na baixar mar.



Fonte: Elaborado pela autora.

Sendo assim, nessa área ocorre a influência de correntes de maré, do fluxo dos rios, além do movimento oscilatório das ondas, revelando um ambiente extremamente dinâmico, a partir dessas feições (bancos) a elevada dinâmica do transporte de sedimentos na área de estudo. Conforme aponta Rossetti (2008), a zona costeira está sujeita à influência de fluxos de sedimentos advindos do sistema fluvial, que interagem diretamente com os processos litorâneos, produzindo uma grande diversidade de ambientes deposicionais e, conseqüentemente, de feições geomorfológicas.

Dessa forma, as feições geomorfológicas da área denotam um ambiente extremamente dinâmico, onde atuam agentes de erosão, transporte e deposição que associados às condições climáticas alteram periodicamente os processos responsáveis pelos processos morfogenéticos.

4.4 Aspectos hidrográficos

Na área em estudo as massas hídricas atuam na compartimentação do relevo local. A atividade dos rios na produção e distribuição dos sedimentos é complementada pela intensa hidrodinâmica marinha através da atuação das ondas e das correntes (costeiras e de marés) as quais contribuem com o transporte e a distribuição de sedimentos arenosos.

Considerando as características fisiográficas e dinâmicas da área em análise, ressalta-se que sua região estuarina é influenciada diretamente pela descarga hídrica dos rios e pelas correntes de maré, e ambas são responsáveis pelas variações sazonais dos agentes e processos costeiros que influenciam, por exemplo, as mudanças da linha de costa do município.

Dentre as principais bacias hidrográficas da ilha do Maranhão destacam-se a bacia do Anil, Bacanga, Tibiri, Paciência, Inhaúma, Praias, Santo Antônio, Estiva, Geniparana, Cachorros, Guarapiranga e Itaquí, em São Luís. Bacias dos rios Antônio Esteves e Cururuca, em Paço do Lumiar, e a bacia do Jeniparana, em São José de Ribamar. O rio Paciência, por sua vez, é o limite principal entre os municípios de Raposa e Paço do Lumiar. A hidrografia da área investigada (Figura 25) é caracterizada pela presença marcante de baías, rios, canais, estuários e lagoas.

Das bacias que drenam a ilha, o rio Paciência merece destaque uma vez que, de acordo com Macedo (2012), este rio se encontra totalmente no interior da ilha, como também pelo papel que desempenhou em um passado não tão longínquo como área de lazer e de

irrigação da hortifruticultura desenvolvidas ao longo dos 32 km do seu curso, no espaço rural de três municípios localizados na ilha. Reforçando tal afirmação, Feitosa (1996) ressalta que até a década de 1970 toda a área ocupada por sua bacia situava-se na zona rural. Na década de 80, foram construídos grandes conjuntos habitacionais e proliferaram muitas invasões de terrenos com a construção de habitações de baixa renda que, de início, caracterizam um processo de favelização.

Figura 25 - Mapa de hidrografia da Ilha do Maranhão.



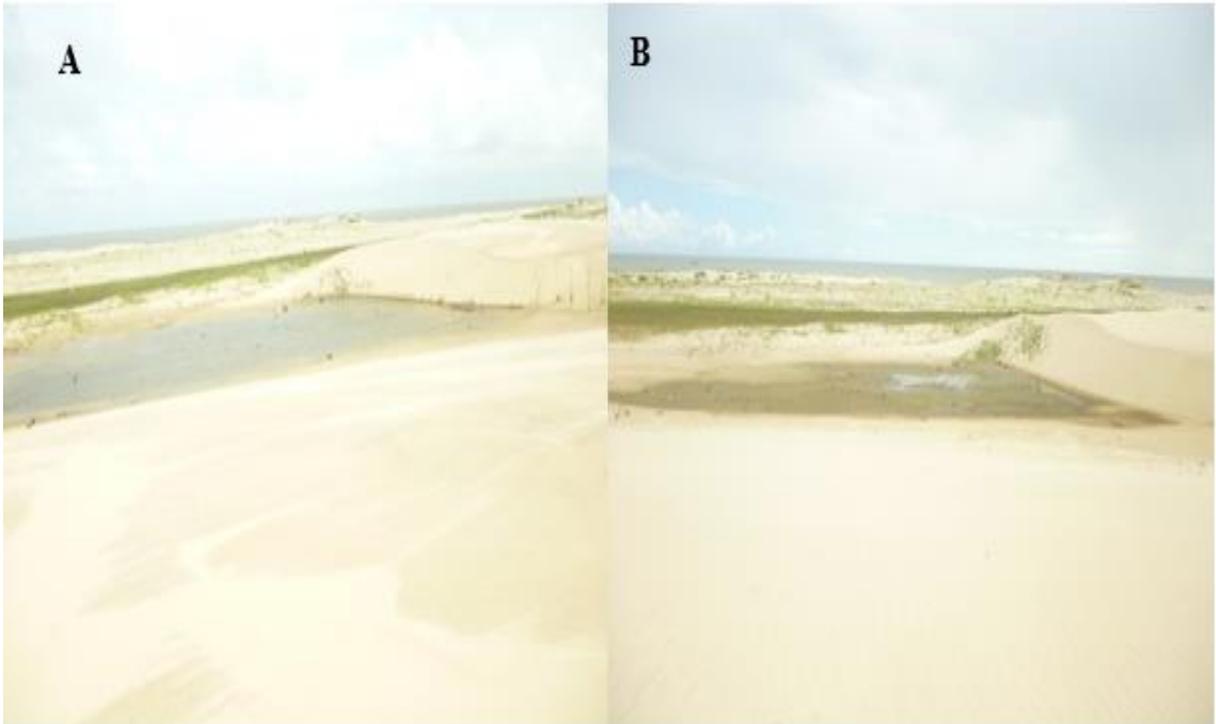
Fonte: IBGE, CPRM (2010).

No que tange as baías, o município de Raposa engloba uma faixa de terras delimitada ao norte pelas águas da baía de São Marcos, a leste pela baía de São José, a oeste pelas terras do município de Paço do Lumiar, ao sul pela Baía de Curupu. A baía de São Marcos (é uma vasta zona estuarina, com orientação NE-SW e cuja morfologia integra dois tipos contrastantes de costa; a nordeste, a costa é subretilínea, com formação de dunas e praias arenosas (norte da ilha do Maranhão); a noroeste ao contrário, a costa é recortada por “falsas rias”, é uma parte colonizada por mangue. Esta vasta baía, amplamente aberta sobre a plataforma continental tem 50 km na parte norte, 15 km na parte central (entre Alcântara e a Ponta de São Marcos), 25 km, nas imediações da ilha dos Caranguejos e 4 km na foz do rio Mearim (El Robrini *et al.*, 2003).

Em contra partida, a rede de drenagem do município de Raposa, é marcada pela ocorrência de canais de maré, onde o fluxo e refluxo da maré promovem uma intensa hidrodinâmica provocando erosões e favorecendo o aporte sedimentar para as praias. São caracterizados como canais naturais meandantes formados sobre planícies de maré. Suguio (1992) destaca que são vias de irrigação de drenagem, nutrientes e sedimentos, para o continente, conforme os ciclos de maré, sendo importantes no desenvolvimento dos manguezais, e proteção de intensa erosão costeira.

Na área de estudo ocorre à formação de lagoas costeiras durante o período chuvoso (Figura 26). Tais corpos hídricos podem ou não estar sujeitos à influência das marés com variação de salinidade dependendo do balanço hídrico da área. Tais lagoas são pouco expressivas e desaparecem durante o período seco. As lagoas costeiras segundo Kjerfve (1994) podem ser definidas como corpos de água interiores, que são encontrados em todos os continentes, em geral paralelamente à costa e separados do oceano por uma barreira, além de raramente exceder poucos metros de profundidade.

Figura 26- Mosaico de fotografias evidenciando a formação de uma mesma lagoa costeira na área de estudo em dois períodos A: durante o período chuvoso; B: durante o período seco.



Fonte: Acervo da autora.

Dessa forma a interferência dos condicionantes hidrológicos na área de estudo contribui de forma significativa para o aporte de sedimentos, sendo de extrema importância para compreendermos o papel da sedimentação fluvial na estabilidade de áreas costeiras. Com o encontro dos agentes dinâmicos representados pelos ventos e pelas correntes de maré, fluvial e litorânea. Na Raposa tem-se uma área com grande aporte de areia proveniente da carga dos rios, da deriva litorânea e da plataforma continental gerando uma progradação localizada da linha de costa nas zonas de interação desses agentes dinâmicos.

4.5 Aspectos climáticos

O clima é um fator controlador, que atua na desintegração e na decomposição dos afloramentos rochosos percutindo na granulometria dos materiais a serem fornecidos às zonas costeiras. Sendo que a variação sazonal da temperatura e os índices pluviométricos, são determinantes nesse processo, ocorrendo com mais expressividade nos trópicos úmidos, propiciando o acúmulo sedimentar, devido à intensa variação.

Dentre os diferentes agentes climáticos, a precipitação e o padrão dos ventos são considerados altamente importantes, devido à sua significativa interferência na modificação

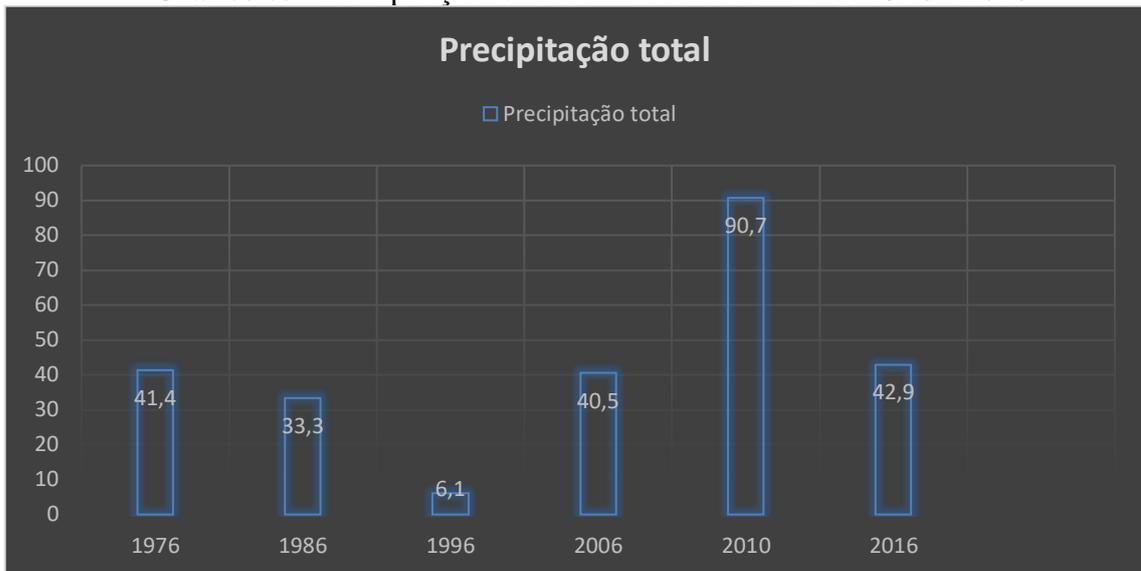
das paisagens existentes na franja costeira, principalmente nos ambientes sedimentares eólicos (SANTOS, 2008).

Devido sua localização próxima a linha do Equador, o Estado do Maranhão recebe altos índices de radiação solar, com temperaturas mais altas ao norte mais baixas nas áreas distantes ao Equador. Nesse sentido, segundo El-Robrini *et al.* (2003) destaca que as temperaturas médias anuais variam entre 25°C e 28°C, sendo maior na sua parte leste correspondente à região do Baixo Parnaíba Maranhense.

Os índices termométricos variam pouco de uma estação para outra, de acordo El-Robrini *et al.* (op. cite), com sofrendo influência mais acentuada da maritimidade do que da variação latitudinal. Sendo que as temperaturas máximas ocorrem geralmente entre os meses de agosto e novembro, e seu valor médio está acima de 30°C ao longo de todo o Litoral. Em função do aumento da cobertura de nuvens, que atenua os efeitos da radiação solar direta, durante o período das chuvas (janeiro-julho), as temperaturas máximas são mais amenas exceto quando da ocorrência de calmarias.

Nessa perspectiva de acordo com o Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão (2003) o período chuvoso abrange os meses de fevereiro a maio, quando caem cerca de 90% do total anual, destacando-se o quadrimestre fevereiro, março, abril e maio, que segundo Guerra (1995), a Ilha do Maranhão apresenta chuvas convectivas, que são provenientes dos deslocamentos das massas de ar Equatorial Atlântica nos períodos de fevereiro a março, e da Tropical Atlântica, que é responsável pelo período de estiagem, nos meses de setembro a novembro. Por outro lado, o período seco abrange o período de agosto a dezembro, quando chove apenas 10% do total anual.

A importância dos índices pluviométricos da área de estudo está diretamente atrelada ao suprimento de água para o lençol freático que aflora durante o período chuvoso deixando todo o estirâncio úmido, dificultando o trabalho eólico devido à agregação das partículas de areia, além disso, do abastecimento das lagoas interdunares efêmeras que ocorrem durante esse período, que segundo o gráfico ocorreram com maior frequência durante o ano de 2010 devido aos maiores índices pluviométricos.

Gráfico 03 - Precipitação total da Ilha do Maranhão de 1976 a 2016.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INMET.

Na área de estudo, a atuação dos ventos alísios de NE, (Figura 27) constitui-se um elemento importante da morfogênese litorânea. Através desse agente de transporte as partículas de areia são transportadas e posteriormente depositadas formando o campo de dunas costeiras, parte do material transportado chega até os canais e são removidos novamente para a zona sublitorânea e nela submetidos à ação das correntes costeiras e de maré que os movimentam outra vez ao longo da praia e de novo são movimentados pelo vento dando continuidade à dinâmica dos processos da área.

Figura 27 - Vista da atuação eólica na área de estudo.

Fonte: Acervo da autora.

Sendo assim, Christofolletti (1980), destaca que o vento, dentre os elementos climáticos, assume função importante nas praias, por causa de edificação das ondas costeiras e por gerar as ondas de correntes que, juntamente com as marés, estabelecem o padrão de circulação das águas marinhas nas zonas litorâneas e sub-litorâneas.

4.6 Aspectos oceanográficos

A dinâmica da área além dos aspectos supracitos, também é condicionada pelos processos oceanográficos que são responsáveis e respondem as constantes mudanças espaciais na paisagem na área de estudo, tendo em vista que a ação constante das ondas, correntes e maré são os principais fatores determinantes das principais feições geomorfológicas da área de estudo. Nesse aspecto, Christofolletti (1980) destaca que os processos morfodinâmicos que atuam na linha de costa representados por ações naturais físicas, são basicamente gerados pela ação das ondas, correntes costeiras e marés.

As amplitudes de maré da área estão diretamente ligadas com o golfão maranhense. De acordo com estudos da Portobras Apud Santos (1989) constata-se que a amplitude de maré oscila entre 4,9 m e 7,2 m, com média de 6,6 m, no entanto, durante a sizígia, a amplitude alcança a altura de 7,2 m, porém, na maioria do tempo (75%) as amplitudes de marés são inferiores a 5,5 m, caracterizando uma costa do tipo macromaré.

Sobre a influência de grandes amplitudes de maré, Calliari *et. al* (2003) ressalta que nos ambientes de macromaré os estados morfodinâmicos e a mobilidade da praia são alterados com a variação da maré, resultando em diferenciação morfodinâmica entre a parte superior e a inferior do perfil consequente da dominância relativa de diferentes processos de transporte de sedimentos como ondas incidentes, ondas de borda, "surf beats" e correntes de marés nestas regiões. Ou seja, além de constituírem importantes mecanismos de transporte de sedimentos, e seus efeitos sobre a praia dizem respeito, principalmente, ao deslocamento periódico da posição da face praial, da zona de surfe e de deformação "shoaling" das ondas sobre o perfil praial.

Por se enquadrar no padrão dissipativo, caracterizada pela baixa declividade e sedimentos de textura fina, ocorre na área de estudo, ondas do tipo translação ou de ondulação que se caracterizam por terem apenas um tipo de arrebentação, sendo estas típicas de áreas rasas, com topografia plana.

Muehe (1998) ressalta que o clima de ondas constitui a principal variável indutora dos processos costeiros de curto e médio prazo, sendo responsável pelo transporte de sedimentos nos sentidos longitudinal e transversal à linha de costa. A energia das ondas e a

intensidade e recorrência das tempestades comandam a dinâmica dos processos de erosão e acumulação na interface continente-oceano e fundo submarino. A morfologia resultante depende de fatores adicionais como tipo e disponibilidade de sedimentos, geologia, variação do nível relativo do mar e modificações geoidais.

As ondas que chegam à praia na área de estudo geram correntes capazes de movimentar e transportar grandes quantidades de sedimentos, com destaque para a de deriva litorânea. Nesse sentido, Muehe (2006) afirma que as ondas são o principal fator de modelagem das zonas costeiras, pois ao chegarem à praia geram um movimento resultante chamado de corrente longitudinal, essencialmente paralela à costa, que realiza o transporte de sedimentos que vai alimentando as faixas de praia das zonas litorâneas.

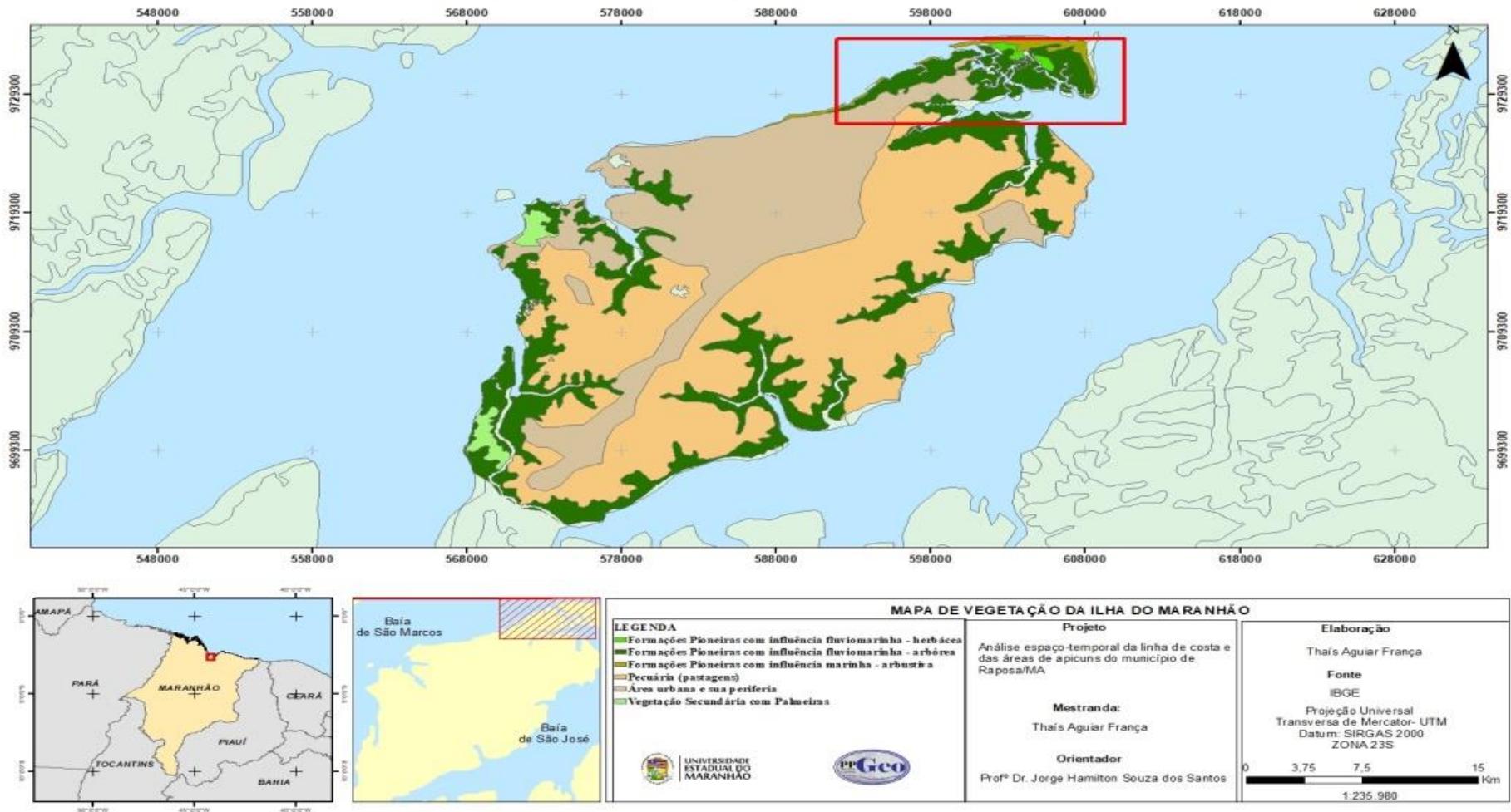
Dessa forma, na área de estudo as ondas, as marés e as correntes costeiras constituem as principais forças atuantes na morfogênese, sendo que as ondas sofrem mudanças de direção que resultando no estabelecimento de padrões de circulação costeira e, atuando diretamente no transporte de sedimentos ao longo da linha de costa.

4.7 Vegetação

A faixa que abrange a planície costeira do Maranhão tem como principal característica uma extensa área ocupada pelas formações vegetais de manguezais, no Litoral Ocidental, e de dunas e restingas, no Litoral Oriental, sendo bastante recortada e o fato que se explica a ocorrência de grandes áreas de manguezais na costa maranhense, consiste na afloração de sedimentos aluviais provenientes da grande quantidade de rios que desembocam nas diversas baías, além de ilhas existentes no Estado.

Na ilha do Maranhão, o surgimento de faixas de restingas e campos de dunas denotam processos de agradação da linha de costa pelo acúmulo sedimentar, que segundo Dias (2005) foi responsável, por exemplo, pela morfogênese da ilha de Curupu localizada no município de Raposa, com as formações da faixa de praias e de domínio de manguezais (Figura 28).

Figura 28 - Mapa de Vegetação da Ilha do Maranhão.



Fonte: IBGE (2010).

Em função das condições edáficas e climáticas da área de estudo são encontradas diferentes espécies de vegetação, que inicialmente ocupam as áreas mais elevadas do perfil de praia aquela atingida apenas pelas marés de sizígia. As comunidades vegetais que recobrem as dunas frontais do município de Raposa estão distribuídas de forma descontínua apresentando distintos aspectos durante o período chuvoso e pelo abastecimento através da subida do lençol freático, e durante o período seco com os primeiros sinais de estresse hídrico tendo como gêneros característicos a salsa-da-praia (*Ipomoea Pescaprae*) e a presença de *Blutaparonportulacoides*, além do gênero *Panicum Racemosum* conhecida como capim-da-areia, que coloniza a região interdunar.

Para Costa e Cavalcanti (2010) esta vegetação é considerada a etapa inicial da sucessão ecológica no litoral, daí sua denominação de vegetação pioneira, caracterizada por possuir espécies adaptadas morfológica e fisiologicamente às condições locais, com índices de salinidade e acidez entre forte e muito ácido; substrato arenoso; forte insolação e intensidade dos ventos.

No que tange ao ecossistema de restinga (Figura 29) este abrange grande parte da Ilha de Curupu. Segundo estudos florísticos realizados por Alencar *et al.* (2010), constatou a existência de 40 espécies, distribuídas em 35 gêneros, em 20 famílias. Dentre estas, as famílias Fabaceae (8 espécies), Rubiaceae (5 spp), Myrtaceae (4 spp), e Ochnaceae (3 spp) destacaram-se como as de maior riqueza específica.

Ainda de acordo com Alencar (op. cite) ao longo da restinga da Ilha de Curupu, pode-se observar a presença de indivíduos de *Ouratea fieldingiana* Engl., *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand e *Anacardium occidentale* L. como os principais representantes arbóreos presentes nas áreas que possuem dunas estabelecidas, além de trepadeiras como *Abrus precatorius* L. e *Serjania* sp. Entre os principais representantes do estrato herbáceo, destacam-se *Ipomoea asarifolia* (Desr.), Roem. & Schult., *Chamaecrista hispidula* (Vahl) H.S. Irwin & Barneby, *Crotalaria retusa* L. e *Eleocharis* cf. *geniculata* (L.) Roem. & Schult e *Borreria verticillata* (L.) G. Meyao longo das formações de campos e dunas.

Figura 29 - Vegetação de restinga ao entorno do campo de dunas na área de estudo.

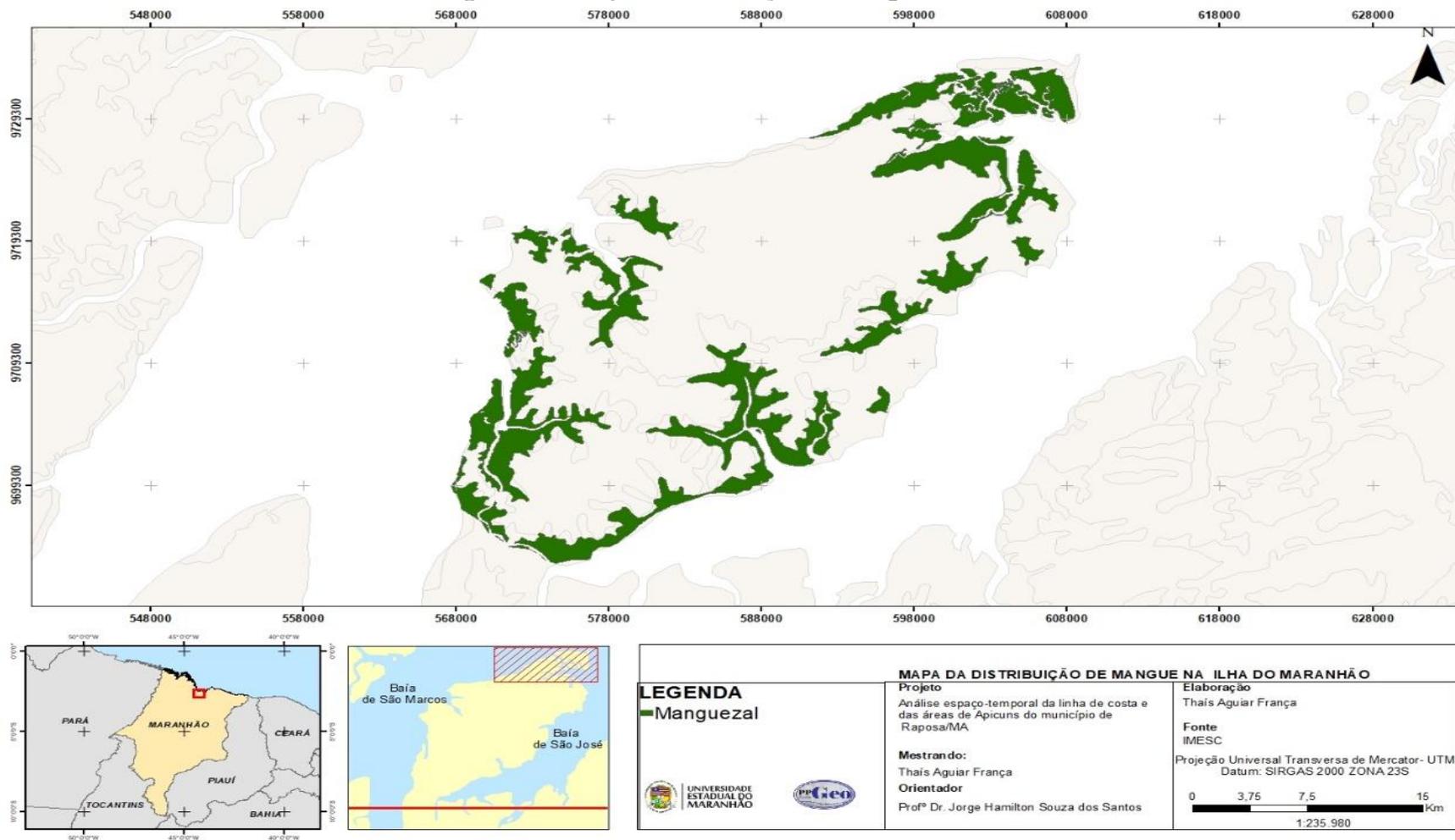


Fonte: Acervo da autora.

Nos cordões dunares mais afastados da linha de costa, caracterizados por serem ambientes com deposição mais antiga com cobertura pedogenética desenvolvida e fixada por vegetação arbustiva e arbórea, localizada em áreas mais interiores e associada à dinâmica Quaternária. Dentre as espécies destacam-se o Caju (*Anacardiummicrocarpum*) e o Murici (*Byrsonima crassifolia*).

Os manguezais constituem a formação vegetal dominante, na zona de influência das marés, estendendo-se por quase todo o município (Mapa 07) e de forma descontínua ao longo da costa, penetrando profundamente no interior dos estuários (Figura 30). “Ocorre nos manguezais entrada de sedimentos, água doce e nutrientes, e saída de água e matéria orgânica para os estuários” (MOCHEL, 1995, p 46.).

Figura 30 - Mapa da distribuição de mangue na Ilha do Maranhão.



Fonte: Adaptado do IMESC (2010).

O Gênero *Rhizophora*, (*Rhizophora Mangle*) apresenta casca lisa e clara e quando raspada mostra cor vermelha, suas raízes servem de escoras e são visíveis à longa distância e conhecida vulgarmente como mangue vermelho (Gamero, 2011). Localiza-se ao longo dos canais, na desembocadura de alguns rios ou, nas partes internas dos estuários onde a salinidade não é muito elevada. (Schaeffer-Novelli, 1999). Essa formação vegetal possui raízes escora que encurvam mais acima do solo, sendo cobertas por lenticelas, por onde o oxigênio se difunde impedindo a entrada de sais.

O gênero *Avicennia* (*Avicennias Chaweriana*) também pode ser encontrado na área de estudo, conhecido vulgarmente como siriúba ou mangue preto, cuja característica principal é apresentar casca lisa castanha clara e quando raspada mostra cor amarelada e apresenta folhas esbranquiçadas por baixo devido à presença de pequenas escamas. Gamero (2011) destaca que esta espécie geralmente ocupa terrenos da zona de entremarés, e toleram uma salinidade muito mais alta que os demais gêneros do mangue. Sendo assim, elas crescem onde há menos exposição à inundações, já que suas folhas possuem glândulas que excretam o excesso de sais, e possuem sementes com grande capacidade de flutuação, permitindo sua disseminação a grandes distâncias.

Podemos destacar ainda, o gênero *Laguncularia*, (*Laguncularia Racemosa*) é conhecido como mangue branco ou mangue verdadeiro, caracterizada como uma árvore pequena, que apresenta folhas de pecíolo vermelho com duas glândulas em sua parte superior, próximo à lâmina da folha, e possui seus pneumatóforos são menores do que as *Avicennia*. Gamero (2011) destaca que esta espécie geralmente é encontrada em costas banhadas por águas de baixa salinidade, às vezes ao longo de canais de água salobra ou, em praias arenosas protegidas.

Figura 31 - Fotopanorâmica evidenciando a ocorrência de manguezal na área de estudo.



Fonte: Acervo da autora.

Por outro lado, os apicuns e marismas, da área abrigam espécies herbáceas como *Sporobolusvirginicus*, *Salicornia Virginica*, *Sesuvium Portulacastrum*, *Batismarítima*, que são caracterizadas pela resistência aos altos teores de salinidade, que por sua vez, influencia a distribuição dos organismos no apicum, atuando como fator limitante (NASCIMENTO, 1993).

4.9 Aspectos Humanos, Sociais e Econômicos

O primeiro indício de povoamento do município está ligado com chegada dos jesuítas em 1625 com na ilha Upaon-açu onde fundaram a pequena vila Anindiba. Em seguida inicia-se o crescimento da vila por imigrantes cearenses do município cearenses, em fins da década de 40 do século XX, oriundos de Acaraú e Camocim entre os anos de 1945 e 1949, que devido uma grande seca e ausência de pescado, buscaram na costa maranhense alimentos de subsistência. Além disso, famílias, onde as mulheres eram rendeiras, tal fato se estende até os dias atuais, uma vez que, no município de Raposa se concentra a maior colônia de pescadores e o maior desenvolvimento do artesanato da Ilha do Maranhão.

De acordo com Maranhão (2008), o nome Raposa surgiu a partir da percepção dos pescadores sobre a existência de grande quantidade de raposas na região. Quando os pescadores salgavam e deixavam seus peixes para secar ao sol, os animais aproveitavam a ausência dos mesmos e comiam todo o pescado.

A via de acesso da Vila Anindiba para São Luís ocorreu durante o Governo de José Sarney (1965-1970) segundo Dias et. (2006) quando houve a ligação por uma estrada de piçarras, propiciando o aumento significativo do processo de ocupação humana, bem como o crescimento das relações socioeconômicas observados na utilização dos recursos naturais, principalmente de ordem biótica (peixes, mariscos e crustáceos), dando por lógica uma evolução processual dos caracteres produtivos (e produtores) do espaço local.

O município de Raposa foi desmembrado do município de Paço do Lumiar. Segundo o IBGE foi elevado à categoria de município e distrito com a denominação de Raposa, pela Lei Estadual n.º 6.132, de 10 de Novembro de 1994, com sede no atual distrito de Raposa (ex- localidade) que foi constituído do distrito sede, instalado em 1º de Janeiro de 1997.

Arelado ao crescimento populacional houve a ocupação das áreas insalubres (Figura 32) como o ecossistema de manguezal e áreas próximas as praias. Nesse processo de ocupação desordenada, extensas áreas foram devastadas, interferindo diretamente nas

funcionalidades e na produtividade desse ecossistema. Cabe destacar que a população de baixa renda que ocupou áreas adquiriu novas relações de uso com o manguezal, construindo suas moradias adaptadas, como as palafitas, que são construídas para suportar as amplitudes de maré.

Figura 32 - Ocupações em áreas de manguezal no Município de Raposa.



Fonte: Acervo da autora.

O processo de urbanização do município de Raposa assistiu uma importante alteração estrutural com o crescimento turístico em decorrência das potencialidades naturais e pela concentração da maior colônia de pescadores da Ilha do Maranhão, ocasionando a valorização das estruturas portuárias, crescimento de restaurantes e da infra-estrutura do município.

O município de Raposa abriga atividades humanas diversas como a prática de pesca comercial e recreativa, transporte marítimo, transporte de moto taxi ao longo da praia e o turismo, caracterizando assim a complexidade destas atividades e sua relação direta com a sensibilidade dos seus ecossistemas.

No que concerne a pesca desenvolvida no município de Raposa inclui-se peixes, mariscos e crustáceos, tendo em vista que sua área estuarina apresenta potencial favorável a esta atividade. Dentre essas atividades destacam-se a malacocultura, na qual se destacam a ostra nativa (*Crassostrea spp*) e o sururu (*Mytella falcata*).

Nessa perspectiva, Furtado (2001), salienta que a extração desses moluscos é uma fonte de alimento e renda para muitos pescadores locais, sendo seus estoques bastante explorados de forma inadequada com artes de pesca não permitidas pela legislação, o que impede que os organismos atinjam a primeira maturação gonadal. Além disso, destaca-se também a extração de Sarnambi (*Anomalocardia Brasiliana*) e a tarioba (*Iphigenia Brasiliensis*) que em geral são realizadas pelas mulheres, sendo executadas no quintal de suas residências, onde os mariscos são cozidos em fogo de lenha e manipulados em algumas vezes, sem realizar a devida higienização.

A pesca, por sua vez, é constituída na sua totalidade por homens que encontram na pesca artesanal a principal fonte de renda. A pesca artesanal consiste na utilização de instrumentos simples, baseando-se em conhecimentos adquiridos com outros membros da família. Diegues (1995) ressalta que através dessa forma de atividade, os pescadores adquirem um extenso conhecimento sobre o meio ambiente, as condições da maré, os tipos de ambientes propícios à vida de certas espécies de peixes, o manejo dos instrumentos de pesca, identificação dos melhores pontos de pesca, o hábito dos diferentes peixes, o comportamento e classificação dos peixes.

Dentre os sistemas de pesca realizados no município destaca-se a de currais (Figura 33) que conforme aponta Piorski *et al.* (2009), são armadilhas fixas, geralmente de esteiras tecidas com varas e arames, implantados no solo que aprisionam o peixe dentro de um cercado, os quais são removidos durante a maré vazante.

Figura 33- Sstemas de pesca de currais na praia de Carimã.



Fonte: Acervo da autora.

Por outro lado, cabe ressaltar que a prática do turismo vem sendo considerada como a principal atividade em expansão no município, em razão da beleza cênica e da ocorrência de praias desertas bem como de características peculiares do município fazendo com que ocorra atualmente o aumento do turismo e conseqüentemente a melhoria da infraestrutura local, conforme afirma Coriolano (1998) o turismo e a natureza têm uma íntima associação, pois os atrativos naturais são a motivação do turismo.

O potencial natural do município de Raposa é cogitado pelo grande capital na valorização do espaço através de investimentos como, hotéis, restaurantes, bares, agências de turismo etc... (Figura 34) e ao mesmo tempo o pequeno empreendedor aproveita os espaços de reserva do capital e as demandas que estão em surgimento em detrimento do aumento do turismo na região.

Figura 34- Mosaico com fotografias destacando os serviços e atrativos turísticos da Raposa.



Fonte: Acervo da autora.

Não obstante a isso, o turismo do município também é excludente, quando se destaca nesse processo o papel desempenhado pela comunidade do Recanto do Canto (Figura 35), que abriga a população pioneira do município de Raposa, localizada mais precisamente dentro da Ilha de Curupu. O turismo se mostra incipiente na comunidade que não participa efetivamente apesar de serem os primeiros moradores. Em entrevistas informais realizadas

durante a presente pesquisa, ficou evidente o desejo de participação nas atividades relacionadas ao turismo para incremento da renda familiar de forma que todos da comunidade possam atuar diretamente nesse processo, uma vez que a atividade da pesca artesanal é realizada predominantemente durante o período chuvoso.

Figura 35 - Mosaico de fotografias demonstrando aspectos da comunidade do Canto: A: Acesso a comunidade; B: Escola de ensino básico, C: Abastecimento de água; D: Fornecimento elétrico para Comunidade.



Fonte: Acervo da autora.

A implementação do turismo no município de Raposa provocou redefinições espaciais, e constituiu um cenário de impasses, estando de um lado a luta pela acumulação de lucros e de outro a busca por implemento de renda e condições básicas de sobrevivência.

Os problemas enfrentados atualmente no município são reflexos primeiramente da emancipação para fins políticos, sem o devido planejamento urbano que culminou, por exemplo, no crescimento desordenado da cidade o que se reflete nas péssimas condições de moradias, saúde, educação e demais problemas ambientais, fazendo com que este município tenha os piores índices de desenvolvimento da ilha do Maranhão.

Por outro lado, observa-se atualmente o crescimento urbano no município e como consequência o aumento do aparato em infraestrutura. O crescimento do turismo na região ocasionou mudanças espaciais visto que este se caracteriza pela oferta de atrativos, serviços e infra-estrutura.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 DINÂMICA DAS UNIDADES DE PAISAGEM NO PERÍODO de 1976 a 2015

A dinâmica da paisagem resulta da combinação de fatores físicos e sua integração com fatores biológicos e antrópicos. A ação antrópica, quando presente, é registrada através das formas de ocupação e uso, considerando-se as transformações implementadas nos demais fatores. De acordo com Bolos (1981), a Unidade de Paisagem será aquela que utiliza uma unidade espacial representada pela forma de relevo e inter-relacionada com os elementos abióticos, bióticos e socioeconômicos que ao interagirem transformam a superfície. Para que essas mudanças ocorram, o clima e as intervenções da sociedade serão os elementos acionadores na formação da paisagem.

Para Bolós apud Guerra e Marçal (2006), a paisagem em sua abordagem sistêmica e complexa será sempre dinâmica e compreendida como o somatório das inter-relações entre os elementos físicos e biológicos que formam a natureza mais as intervenções da sociedade no tempo e no espaço em constante transformação.

As unidades de paisagem são resultantes da divisão da Paisagem em unidades que apresentam certa homogeneidade em suas variáveis. Para tanto, Amorim e Oliveira (2008), destacam que a categoria de análise das Unidades de Paisagem é definida como geossistemas definidos como fenômenos naturais (aspectos geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e fitogeográficos) que englobam os fenômenos antrópicos (aspectos sociais e econômicos) que somados representam a paisagem modificada ou não pela sociedade.

Ainda segundo Amorim e Oliveira (2008) em uma abordagem sistêmica, as informações temáticas como vegetação, relevo, aspectos edáficos e pedológicos, substrato geológico, isoladamente, não ajudam muito na compreensão das Unidades de Paisagem. Segundo Morin (1977) e Christofolletti (1979), a configuração da paisagem depende dos elementos, relações, atributos, entradas (inputs) e saídas do sistema (output) considerando uma análise espaço-temporal.

A zona costeira do Município de Raposa constitui um ambiente de elevada complexidade devido à interação entre os processos terrestres, oceânicos e atmosféricos, que alteram constantemente suas características. Neste aspecto a interação entre as unidades de paisagem existente no município denota uma intensa dinâmica resultante de processos geomorfológicos hidrodinâmicos, e deposicionais complexos.

Nesse sentido, a paisagem da área de estudo foi dividida em unidades abrangendo características próprias, mas com relação de interdependência, que respondem pelas

mudanças no sistema costeiro do município de Raposa. Conforme Guerra e Marçal (2006) citando Bolós, afirma que a paisagem em sua abordagem sistêmica e complexa será sempre dinâmica e compreendida como o somatório das inter-relações entre os elementos físicos e biológicos que formam a natureza mais as intervenções da sociedade no tempo e no espaço em constante transformação.

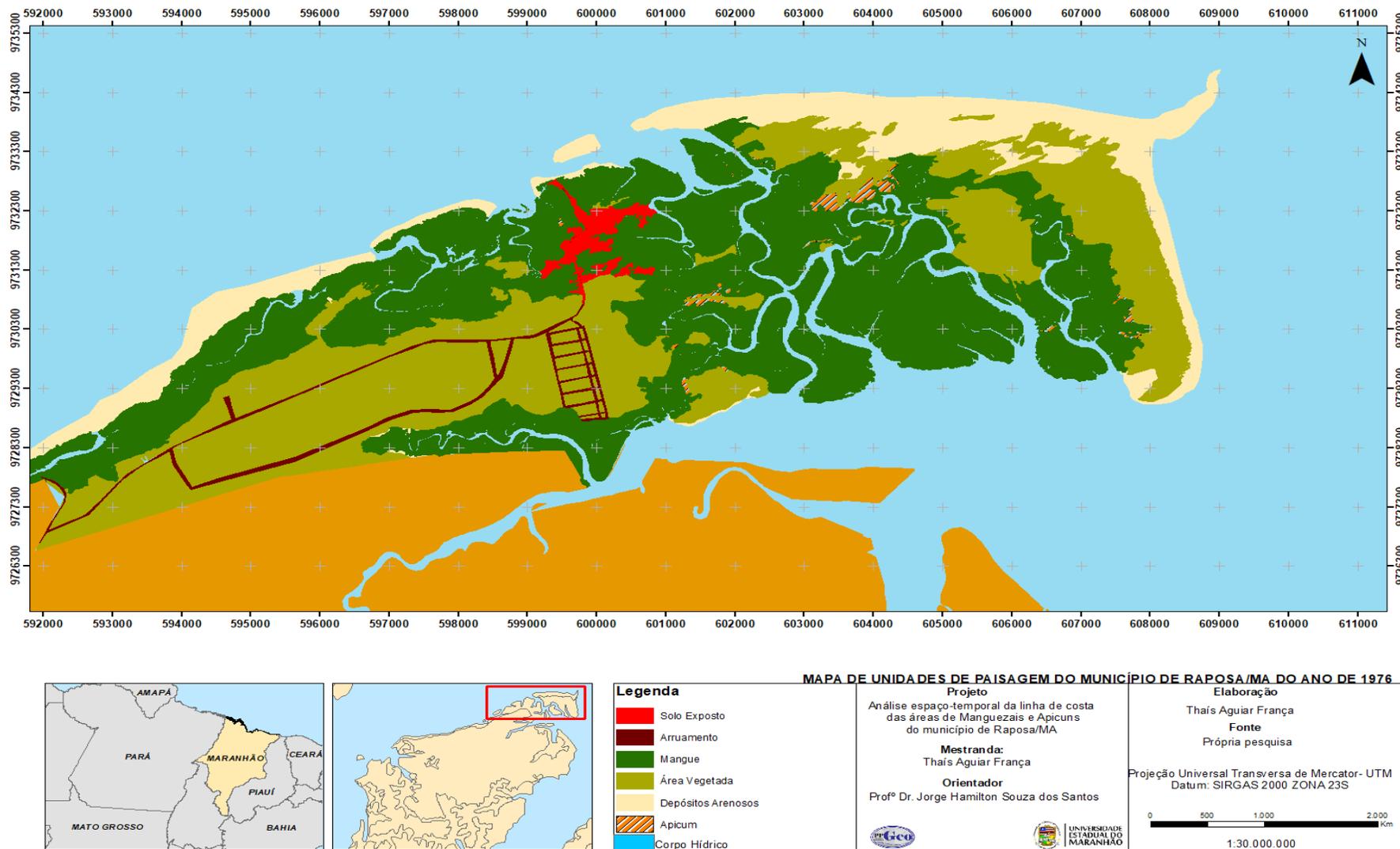
6.1.1 Unidades de Paisagem no ano de 1976

A partir das informações dos mapas de unidades de paisagem dos anos de 1976, 2010 e 2015 foi possível observar unidades de paisagem bem definidas formadas por processos de interação entre variáveis físicas, ecológicas e antrópicas. A compartimentação paisagística do Município de Raposa em unidades baseou-se, principalmente, em aspectos geomorfológicos, humanos e vegetacionais, tendo em vista, o objeto de estudo da presente pesquisa, considerou-se como classes principais o ecossistema de Apicum, os depósitos arenosos (faixa de praia, planície de deflação e campo de dunas), o Manguezal, Área Vegetada (Campos, Floresta Secundária) e Área Urbana.

O mapeamento das unidades de paisagem da área de estudo, consistiu na identificação das classes por meio da vetorização manual de imagens do satélite através de técnicas de interpretação baseada nos elementos de cor, textura, forma e distribuição espacial das feições na paisagem, cuja delimitação foi realizada através de arquivos vetoriais poligonais (shapefile) para todas as classes de mapeamento da área de estudo. A partir do Mapa de Unidades de Paisagem (Mapas 08, 09 e 10), foi calculada a ocupação de cada unidade e posteriormente descritos (Figuras 37, 39 e 40) em área dada em km² e o percentual correspondente de cada unidade.

O mapa de classificação das unidades paisagem do ano de 1976 (Figuras 36) inicia a percepção da tendência predominante de elementos naturais nessa data, em razão da pouca densidade populacional existente. Desta maneira, como observado na figura 36, a paisagem apresentava suas características físicas pouco alteradas, sem a presença efetiva de intervenção antrópica, tendo em vista que a sua formação territorial do município se deu através da imigração de cearenses na região, que ao se estabelecerem elegeram a pesca como atividade principal e promoveram a ocupação da região, que por muito tempo fora isolada por não haver estradas que ligassem o município da Raposa à Ilha do Maranhão (RANGEL, 2003).

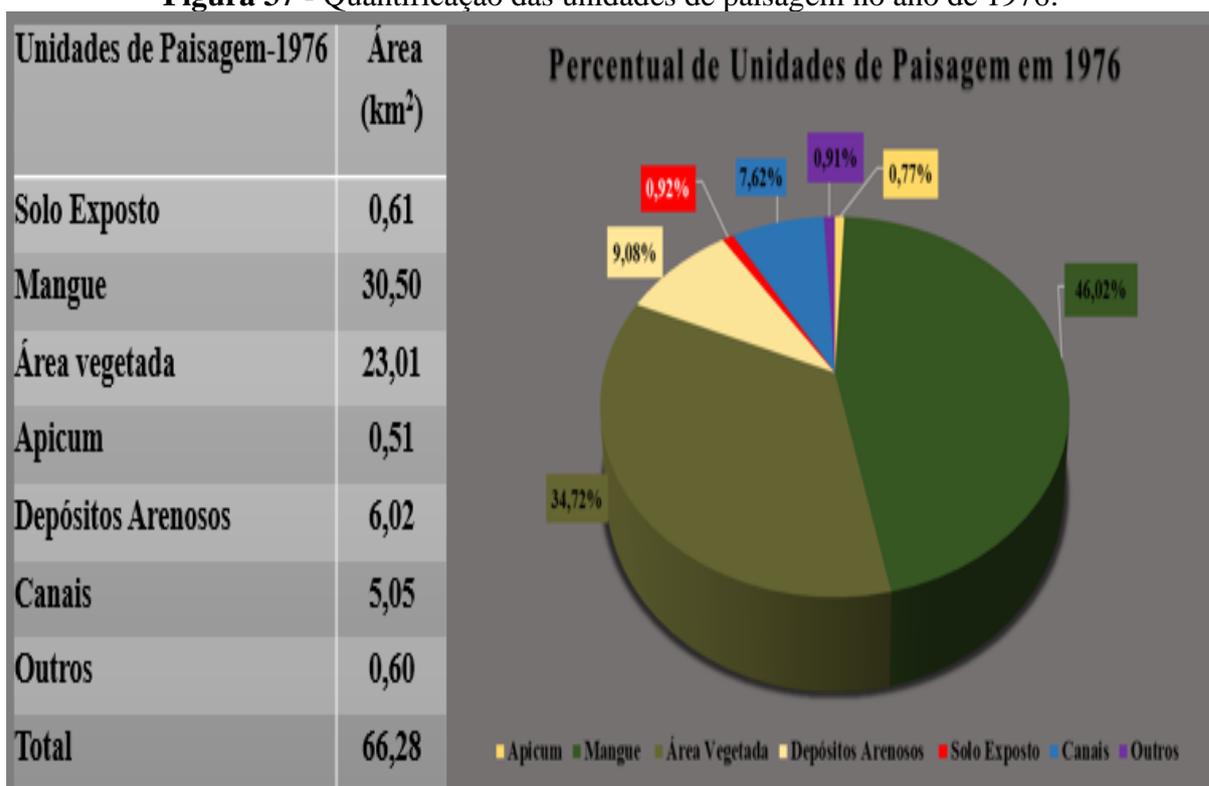
Figura 36–Mapa de Unidades de Paisagem do município de Raposa no ano de 1976.



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme exposto na figura 37, as atividades antrópicas eram quase inexistentes, compreendendo a unidade de paisagem solo exposto com cerca de 0,61km² (0,92%) no referido ano. O arrumamento, observado no mapa 27, foi quantificado na classe outros que correspondiam a 0,60 km² (0,91%) via de acesso construída durante o Governo de José Sarney (1965-1970), para a Vila Anindiba. Nesse período, o espaço costeiro de do município de Raposa não apresentava a atual concentração de usos, com sua orla marítima ambientalmente conservada, sem a presença de grandes atividades econômicas como o turismo. Os usos, nesse período, estavam mais relacionados a atividades de subsistência. Observa-se ainda que nesse período a unidade de paisagem Apicum correspondia nesse período a 0,51 km² (0,77%) constituindo a unidade menos dominante da área de estudo. Verifica-se o predomínio da vegetação de mangue que correspondia a 30,50 km² (46,02%) constituindo a maior unidade de paisagem nesse período, além de outras tipologias de vegetação que correspondia a 23,01 km² (34,72%).

Figura 37 - Quantificação das unidades de paisagem no ano de 1976.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda conforme a figura 37, os depósitos arenosos que compreendem a grande faixa de areia constituindo as praias e as grandes massas individuais de areias em movimento, (lençóis de areia) gerando o campo de dunas móveis, subordinam-se a processos deposicionais, correspondem a 6,02 km² (9,08%) variando conforme a velocidade dos ventos

e a disponibilidade de sedimentos. Destaca-se ainda que 5,05 km² (7,62%), correspondente a área ocupada pelos canais de maré nesse período. Os mesmos com o passar dos anos podem variar em decorrência do seu elevado dinamismo, uma vez que a migração lateral é um dos fenômenos mais frequentes nesses canais, decorrente da erosão nas margens convexas e deposição nas margens côncavas.

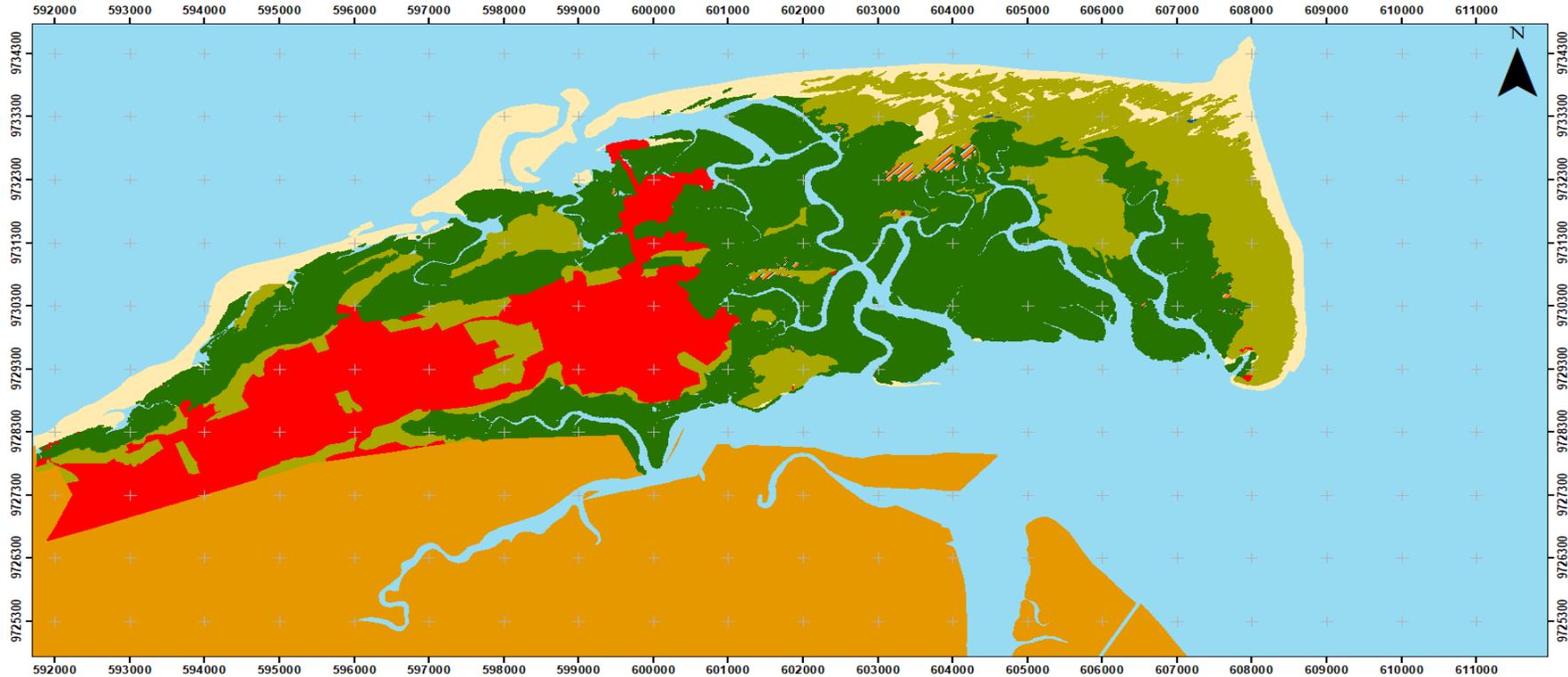
6.1.2 Unidades de Paisagem no ano de 2010

No mapa de classificação das unidades de paisagem do ano de 2010 (Mapa 09) pode ser observado o processo de expansão da unidade área urbana se comparado ao ano de 1976. A expansão urbana do município de Raposa ocorreu por volta de 1997 quando foi desmembrado do município de Paço do Lumiar, culminando no crescimento horizontal da área de estudo intensificando e diversificando, assim, os tipos de usos socioeconômicos, transformando a zona costeira de Raposa num espaço voltado ao capital turístico e imobiliário.

Em 2010, segundo o IBGE (2010) a população total correspondia a 26.327 habitantes, cuja realidade dos espaços constituídos do município é representada pelo baixo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM (percentual de 0,626), observados nos dados do referido órgão, onde 48,7% dos moradores tinham acesso à rede geral de água com canalização em pelo menos um cômodo. Apenas 16,6% possuíam formas de esgotamento sanitário considerado adequado. Esta realidade refletiu forte tendência a transformações ambientais decorrente do crescimento populacional e da expansão urbana nesse período.

Nas áreas onde a ocupação não é consolidada, neste caso na Ilha de Curupu, ainda se verifica conforme a figura 38, a presença de diversas áreas vegetadas e pequenas áreas isoladas de ocupação. Observa-se também que a área ocupada, encontra-se em contato com o ecossistema de manguezal. Fato que reflete a falta de planejamento territorial, social ou ambiental que culminou no crescimento desordenado para essas áreas. Vale ressaltar que a citada ilha pertence à família Sarney o que justifica a baixa ocupação local.

Figura 38 – Mapa de Unidades de Paisagem do município de Raposa no ano de 2010.



Legenda

- Área Urbana
- Mangue
- Área vegetada
- Depósitos Arenosos
- Apicum
- Lagoas
- Corpo d'água

MAPA DE UNIDADES DE PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE RAPOSA/MA DO ANO DE 2010

Projeto
Análise espaço-temporal da linha de costa das áreas de Manguezais e Apicuns do município de Raposa/MA

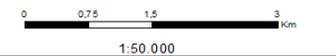
Mestranda:
Thais Aguiar França

Orientador
Profº Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos



Elaboração
Thais Aguiar França
Fonte
Própria pesquisa

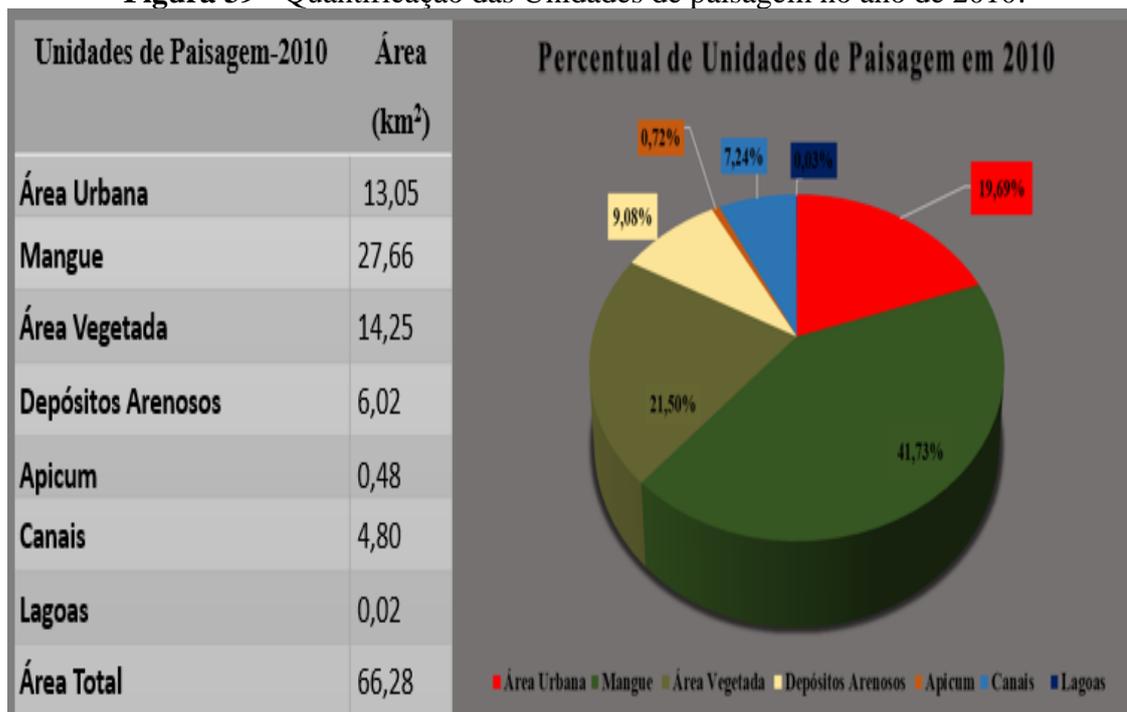
Projeção Universal Transversa de Mercator- UTM
Datum: SIRGAS 2000 ZONA 23S



Fonte: Elaborado pela autora.

A figura 39 evidencia a quantificação das unidades de paisagem para o ano de 2010. Como observado à área urbana, que compreende todas as áreas em que a vegetação natural foi modificada pela ação antrópica para diversos usos, principalmente construção de edificações, abertura de estradas e cultivos agrícolas num total de 13,05 km² (19,69 %). Já os apicuns com 0,48 km² (0,72%), demonstraram uma menor abrangência espacial. A área vegetada que passou a predominar na ilha de Curupu apresentava uma área de 14,25 km² (21,50%) e a vegetação de mangue passou a representar 27,67 km² (41,73%), constituindo a unidade de maior predominância na área de estudo. Os depósitos arenosos correspondiam a 6,02 km² (9,08%). Destaca-se ainda que a área correspondente aos canais de maré ocupou cerca de 4,80 km² (7,24%) além da formação de lagoas efêmeras, que apresentaram pequenas dimensões espaciais cuja formação das mesmas ocorre durante o período chuvoso, compreendendo cerca de 0,02km² (0,03%) da área mapeada nesse período.

Figura 39 - Quantificação das Unidades de paisagem no ano de 2010.

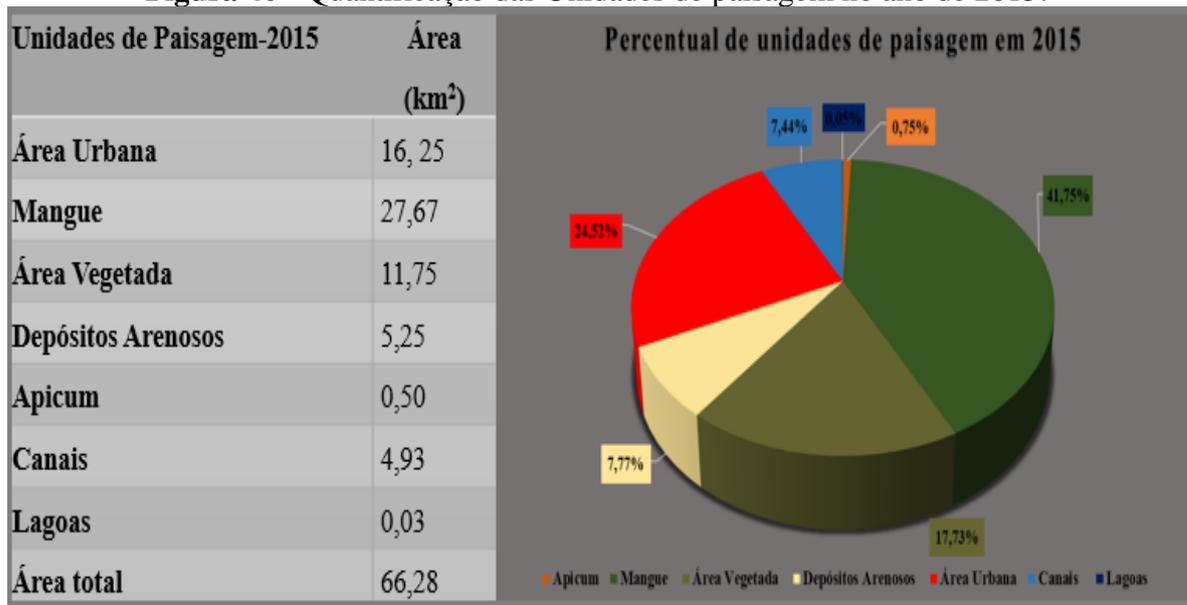


6.1.3 Unidades de Paisagem no ano de 2015

Comparando o mapa de 2015 (Figura 41) com os mapas anteriores, dos anos de 1976 e 2010, os resultados confirmam a continuidade da expansão urbana para outras unidades de paisagem. A figura 40 apresenta os valores quantificados, referente ao ano de 2015. Nesse

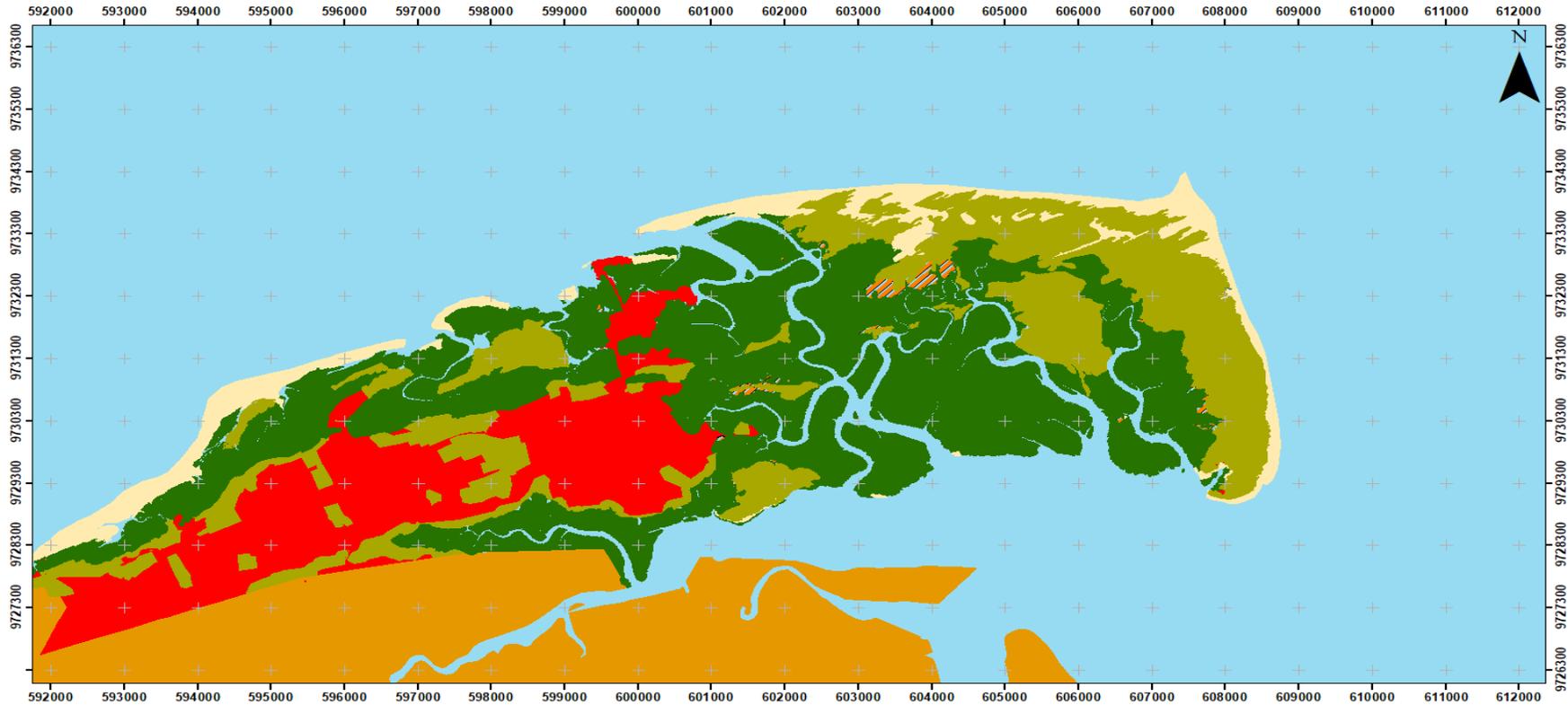
período, a área urbana passou a ocupar 16,25 km² (24,52%) e os apicuns uma área de 0,50 km² (0,75%). O manguezal manteve-se contínuo ainda demonstrando o predomínio dessa unidade, abrangendo uma área de 27,67 km² (41,75%). Houve também um decréscimo da vegetação secundária com 11,75 km² (17,73%) e os depósitos arenosos totalizaram 5,25 km² (7,77%). Além disso, houve um aumento sutil na área ocupada pelos canais de maré que passaram a ocupar 4,93 km² (7,44%).

Figura 40 - Quantificação das Unidades de paisagem no ano de 2015.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 41 – Mapa de Unidades de Paisagem do município de Raposa no ano de 2015.



Legenda

■	Área Urbana
■	Mangue
■	Área Vegetada
■	Depósitos Arenosos
■	Apicum
■	Lagoas
■	Corpo d'água

MAPA DE UNIDADES DE PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE RAPOSA/MA DO ANO DE 2015

Projeto
Análise espaço-temporal da linha de costa das áreas de Manguezais e Apicum do município de Raposa/MA

Mestranda:
Thaís Aguiar França

Orientador
Profº Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos



Elaboração
Thaís Aguiar França

Fonte
Própria pesquisa

Projeção Universal Transversa de Mercator- UTM
Datum: SIRGAS 2000 ZONA 23S



1:52.664

Fonte: Elaborado pela autora

6.1.4 Análise das mudanças da paisagem

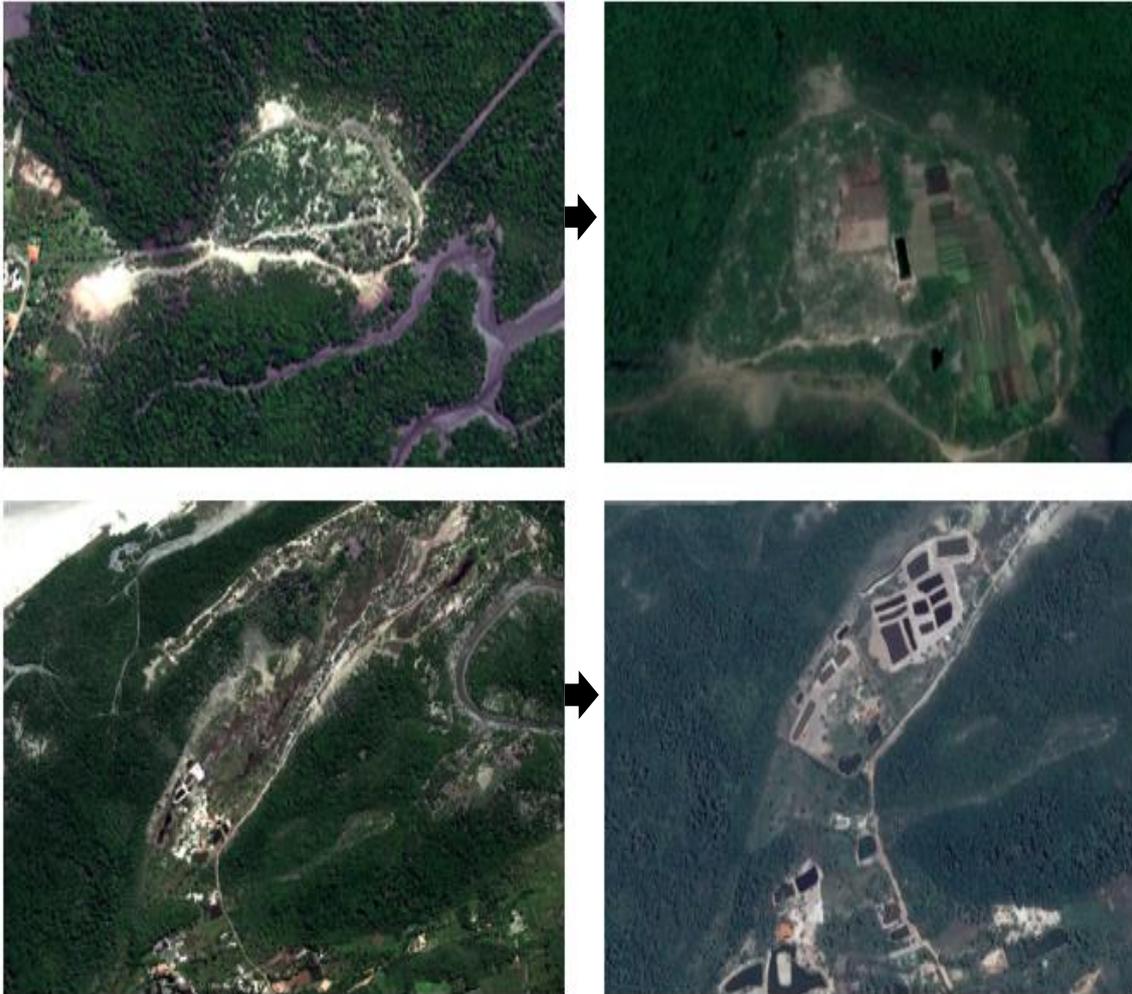
As unidades de paisagem do município de Raposa formam um conjunto de elementos e processos físicos, ecológicos, climáticos e antrópicos que se configuram no tempo e no espaço dando forma e especificidade a paisagem. Por se situar na zona costeira, tais processos não atuam de forma homogênea em toda área do município.

Segundo Morin (1977) e Christofolletti (1979), a configuração da paisagem depende dos elementos, relações, atributos, entradas (inputs) e saídas do sistema (output) considerando uma análise espaço-temporal. Diversas relações espaciais podem ser destacadas, dentre elas a relação de conectividade e adjacência que possibilitam essas trocas de energia e matéria, evidenciando a inter-relação entres estas.

Verifica-se, inicialmente, a predominância da vegetação de mangue em todos os anos analisados, fato que pode ser explicado devido às condições edáficas da área de estudo que constituem fator muito importante para uma maior biodiversidade desse ecossistema. Os solos provenientes de areias quartzosas, hidromórficos (aluviais), halomórficos e latossolos, que ocupam áreas distintas, existindo uma relativa heterogeneidade nestes solos, contribuindo sensivelmente na fisionomia dessa vegetação. Sua distribuição ocorre com maior frequência na porção insular do município, margeando os canais.

A unidade de paisagem Apicum apresenta-se com poucas variações durante os anos observados, fato este que será tratado especificamente no próximo item. Por outro lado, observa-se a diminuição progressiva do percentual referente à área vegetada de 1976 a 2010, fato que pode está diretamente atrelado ao crescimento urbano do município e ao soterramento pelo transporte de sedimentos arenosos provenientes da praia e do campo de dunas existente na Ilha de Curupu. Entre 2010 e 2015 essa unidade ainda apresenta redução, fato que está atrelado ao desmatamento para a implantação de açudes e cultivos agrícolas (Figura 42).

Figura 42 - Supressão de vegetação secundária para implantação de cultivos agrícolas e açudes do ano de 2010 para o ano de 2015.



Fonte: Acervo da autora.

Os depósitos arenosos apresentam-se com variabilidade no percentual durante os anos analisados. Essa variabilidade está relacionada com a instabilidade do campo de dunas, uma forma de relevo instável com intenso processo natural de migração, refletindo a ação predominante da dinâmica dos ventos, bastante intensos, proveniente do quadrante nordeste, ocasionando o soterrando de diversas unidades como, lagoas, mangues, vegetação de campo, floresta secundária, etc (Figura 43). Além disso, essa variação pode decorrer da área de praia por apresentar intenso dinamismo e variar conforme a amplitude das marés, formando depósitos alongados por toda a costa, limitados pelas linhas de baixa-mar e preamar.

Figura 43- Zona de contato entre as dunas móveis e outros ecossistemas na Ilha de Curupu.



Fonte: Acervo da autora.

As dunas que migram na direção dos canais da área de estudo promovem a formação de bancos de areia que são transportados para a faixa de praia, mantendo o aporte regulador da dinâmica sedimentar dentro dos canais flúvio-marinhos, e ao longo da linha de costa e na evolução morfológica da faixa de praia. Além disso, a energia do transporte eólico mobiliza sedimentos a partir do estirâncio para as áreas interiores e atua na formação de dunas, evidenciando, assim, a continuidade da progradação da planície costeira. Tais processos variam sua intensidade no período seco e chuvoso, cuja evolução depende da elevada quantidade de areia seca disponível e da inexistência de cobertura vegetal, assumindo proporções maiores pela acumulação sedimentar onde existem condições de retenção dos sedimentos.

Portanto, a construção geomorfológica da linha da costa da área de estudo é a principal responsável pelo desenvolvimento de praias arenosas e pelos processos de erosão e deposição que as mantêm em constante alteração, desempenhando importante papel no balanço sedimentar na construção das praias de todo o município de Raposa e na formação do extenso campo dunar da Ilha de Curupu.

No que tange a diferença no percentual da área dos canais no decorrer do período estudado, ressalta-se que as mudanças podem ser decorrentes de processos erosivos das

margens com tendência a uma diminuição das cotas batimétricas, fazendo com que ocorra o alargamento dos canais ou diminuição em decorrência do crescimento de vegetação de mangue pelo processo de progradação, haja vista que os canais apresentam tendência ao assoreamento, formando ilhas onde se desenvolve os manguezais. Os bancos de areia são formados por sedimentos advindos da planície costeira, pela ação das ondas e mares e, principalmente, dos campos de dunas, pela ação dos ventos, quando os campos de dunas migram na direção dos canais estuarinos, em razão da própria dinâmica diretamente relacionada com as marés, a energia das ondas e com o aporte de sedimentos. Os diferentes mecanismos de transportes sedimentares responsáveis pela sua instabilidade são atribuídos principalmente à deriva litorânea (OERTEL, 1988).

A partir da análise da dinâmica das unidades da paisagem do município de Raposa, ressalta-se que a inter-relação dessas unidades de paisagem ocorre através da dinâmica dos fluxos de matéria e energia que expressam sua interdependência sendo extremamente relevante para a dinâmica morfológica da provocando mudanças morfológicas com maior expressividade na porção insular do município de Raposa, onde há predominância dos processos naturais que interagem dinamicamente, fazendo com que as dinâmicas espaciais entre as unidades de paisagens sejam bastante intensas.

A intervenção antrópica na dinâmica dos processos costeiros ocorreu ao longo dos anos analisados através da urbanização desenfreada refletindo nas péssimas condições de moradias, saúde, educação e problemas ambientais, fazendo com que este município tenha os piores índices de desenvolvimento da ilha do Maranhão.

Para tanto, a individualização de unidades espaciais relativamente homogêneas, onde determinadas características e combinações se repetem, decorre de variações nas estruturas das paisagens e do modelo histórico de ocupação e exploração do território. Estas unidades espaciais constituem diferentes compartimentos ou unidades de paisagem.

6.2 Análise Espaço-Temporal do Ecossistema de Manguezal no Período de 1976-2015

Em estudos do ecossistema manguezal, a utilização de diversas escalas espaço-temporais auxilia no gerenciamento integrado das zonas costeiras, oferecendo subsídios aos tomadores de decisão (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2005) tendo em vista que as “propostas de gestão costeira devem considerar os processos naturais e antrópicos que agem sobre o ecossistema manguezal” (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.* 2000, p. 22).

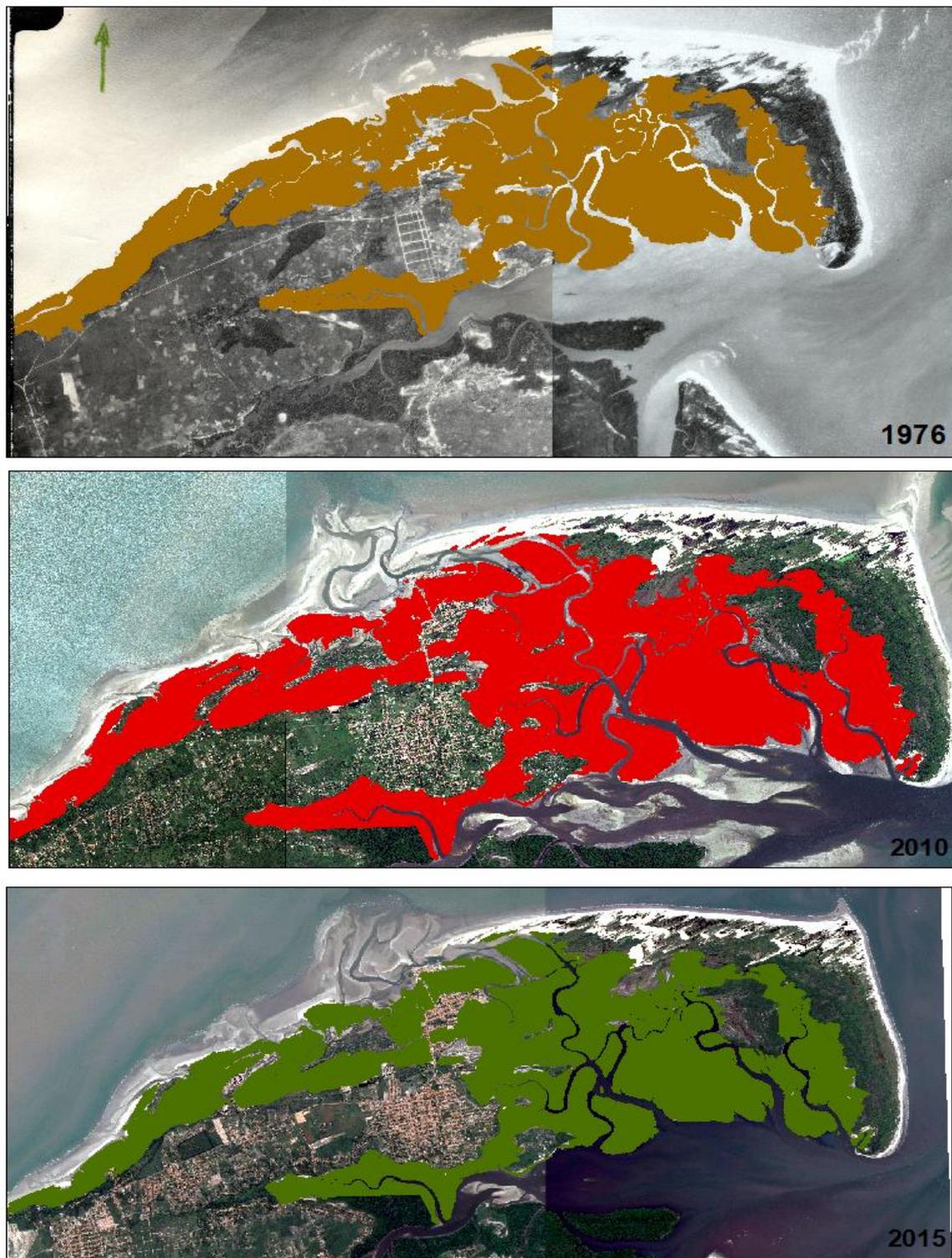
Schaeffer-Novelli *et al.* (2000), salientam que os vários níveis de observação aplicados ao manguezal são muito importantes para se entender o funcionamento 19 deste ecossistema. As várias escalas têmporo-espaciais permitem observar processos particulares e padrões espaciais favorecendo, dessa forma, os estudos e as estratégias de gerenciamento.

Os resultados obtidos através da quantificação do ecossistema de manguezal na área de estudo, forneceram dados em diferentes escalas espaço-temporais sobre a dinâmica natural e dos impactos de origem antrópica nessas áreas, evidenciando-se dessa forma, as principais alterações que se processaram em longo e curto espaço de tempo através das referidas análises multitemporais do ecossistema de Manguezal.

Deve-se destacar, no entanto, certa dificuldade na análise da imagem referente ao ano de 1976, devido à resolução mais baixa da imagem, dificultando em alguns momentos o detalhamento das áreas de mangue e vegetação secundária. No entanto, a informação desta data não poderia ser descartada, pois era o único registro disponível mais antigo da área estudada durante esta pesquisa.

Contudo, mesmo em fotografias aéreas verticais monocromáticas (com diferentes tons de cinza) o ecossistema manguezal foi razoavelmente mapeado tendo como subsidio as imagens orbitais, mais recentes, coloridas. As imagens de satélites, de acordo com Florenzano (2002), possibilitam melhor identificação dos manguezais devido sua forma irregular, cor mais escura que a dos demais biomas e tipos de vegetação, o que decorre da influência da água existente nesses ambientes e da sua localização litorânea, ao longo da zona costeira. Tal fato foi razoavelmente solucionado através dos procedimentos adotados, os quais estão minuciosamente detalhados no capítulo de metodologia desta dissertação.

Figura 44 - Áreas de mangue mapeadas a partir do fotomosaico de 1976 e das imagens de satélite de 2010 e 2015.



Fonte: Elaborado pela autora.

O mapeamento das áreas de mangue do Município da Raposa foi dividido em da seguinte maneira: de 1976 a 2010 e de 2010 a 2015 compreendendo assim uma análise em um

período de tempo menor (24 e 5 anos) e em longo prazo, ou seja, de 1976 a 2015 totalizando 39 anos. Tal análise evolutiva do ecossistema de manguezal da área de estudo a longo e curto prazo compreende o entendimento dos processos naturais que ocorreram no passado e que foram responsáveis pela sua dinâmica. Além disso, mudanças a longo e curto prazo são compatíveis com a escala humana, o que torna necessário o entendimento conjunto entre os agentes naturais e antrópicos. Após a delimitação das áreas cobertas por vegetação de mangue através do processo interpretação e respectiva vetorização, foi possível obter o quantitativo de área total em quilômetros quadrados e seu respectivo percentual para cada período analisado.

Analisando o período que compreende 1976 a 2010 espacializado na figura 46, que trata da evolução espaço-temporal do ecossistema de manguezal do Município de Raposa, observamos as áreas de manguezal estável, perdido e acrescido. Nesse aspecto nota-se que esse ecossistema apresenta uma significativa área estável.

Conforme observado na tabela 01 e 02 referentes aos valores da quantificação evolutiva do manguezal em km² e seu respectivo percentual, verifica-se que o manguezal da área de estudo manteve uma estabilidade de 27,48 km² o que equivale a cerca de 79,2%, obteve um decréscimo da vegetação correspondente a 5,04 km² equivalendo a 14,5 % e um acréscimo sutil de 2,18 km² ou seja, 6,3%.

Tabela 01-Área de manguezal durante o período (1976-2010)

Ano	Área de Manguezal (km ²)
1976	30,50
2010	27,66

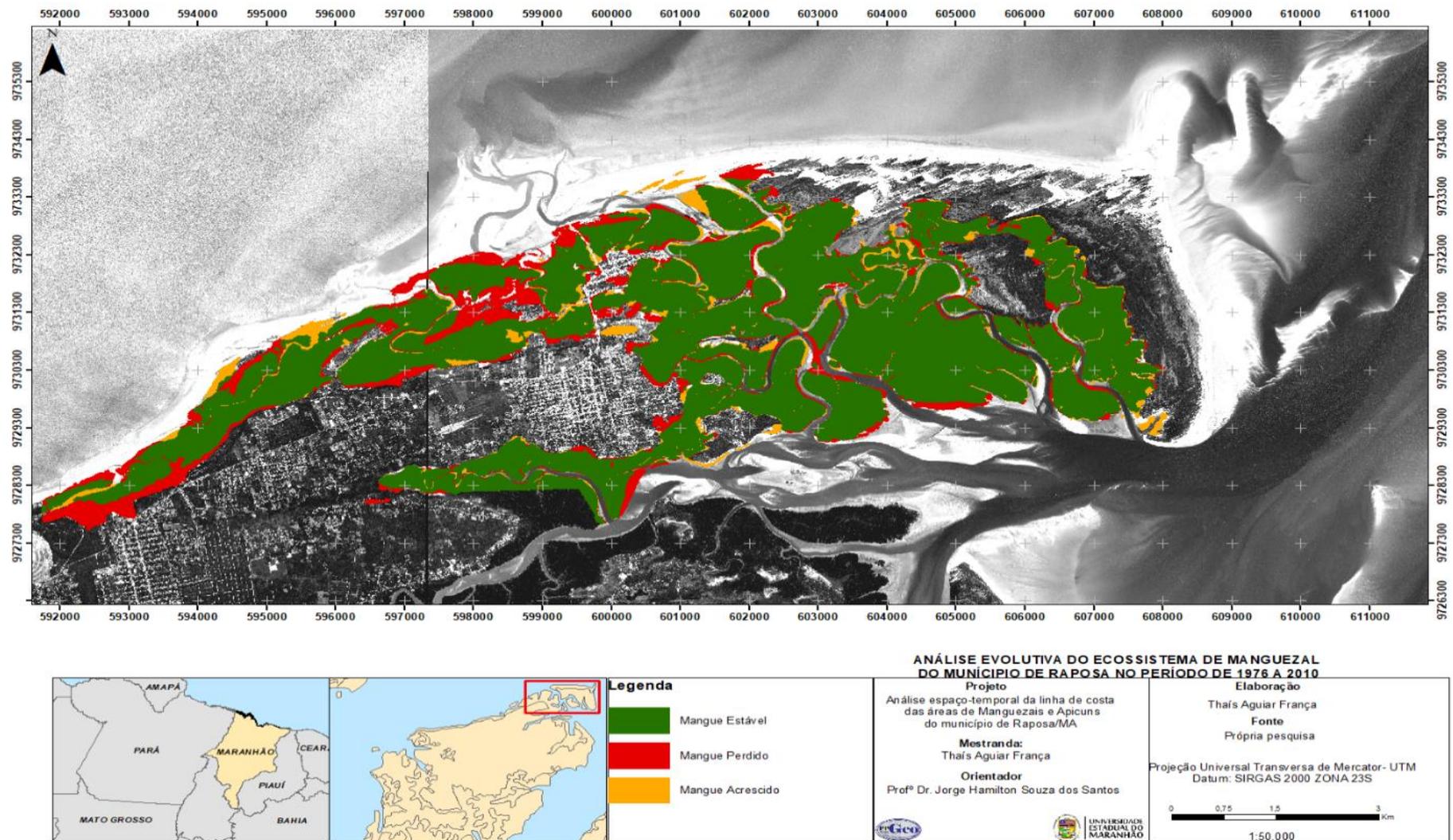
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 02- Quantificação da evolução do ecossistema de manguezal (1976-2010)

Tipo de Manguezal	Área de Manguezal (km ²)	Porcentagem da área (%)
Manguezal Estável	27,48	79,20
Manguezal Perdido	5,04	14,50
Manguezal Acrescido	2,18	6,30

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 45 – Mapa da evolução do ecossistema de manguezal do município da Raposa (1976-2010).



Fonte: Elaborado pela autora.

A análise evolutiva do período de 1976 a 2015, também compreende uma análise em longo prazo. A partir espacialização das informações observadas na figura 46, também evidencia uma significativa área estável de manguezal, apresentando um comportamento dinâmico similar à distribuição para todo o período de 1976-2010, registrando períodos de aumento, e de diminuição das florestas de mangue, com valores próximos aos do referido período de 1976-2010.

Mesmo com esse comportamento semelhante, são percebidas algumas mudanças conforme as tabelas 03 e 04 que evidenciam os valores quantificados em km² e seu respectivo percentual. Destaca-se que durante o período analisado de 1976-2015, o ecossistema de manguezal manteve uma estabilidade em torno de 25,46 km² (79,3%), obtendo um decréscimo de 5,06 km² (14,7%) e um acréscimo para 2,13 km² (6,2%).

Tabela 03 - Área de manguezal durante o período (1976-2015)

Ano	Área de Manguezal (km ²)
1976	30,50
2015	27,67

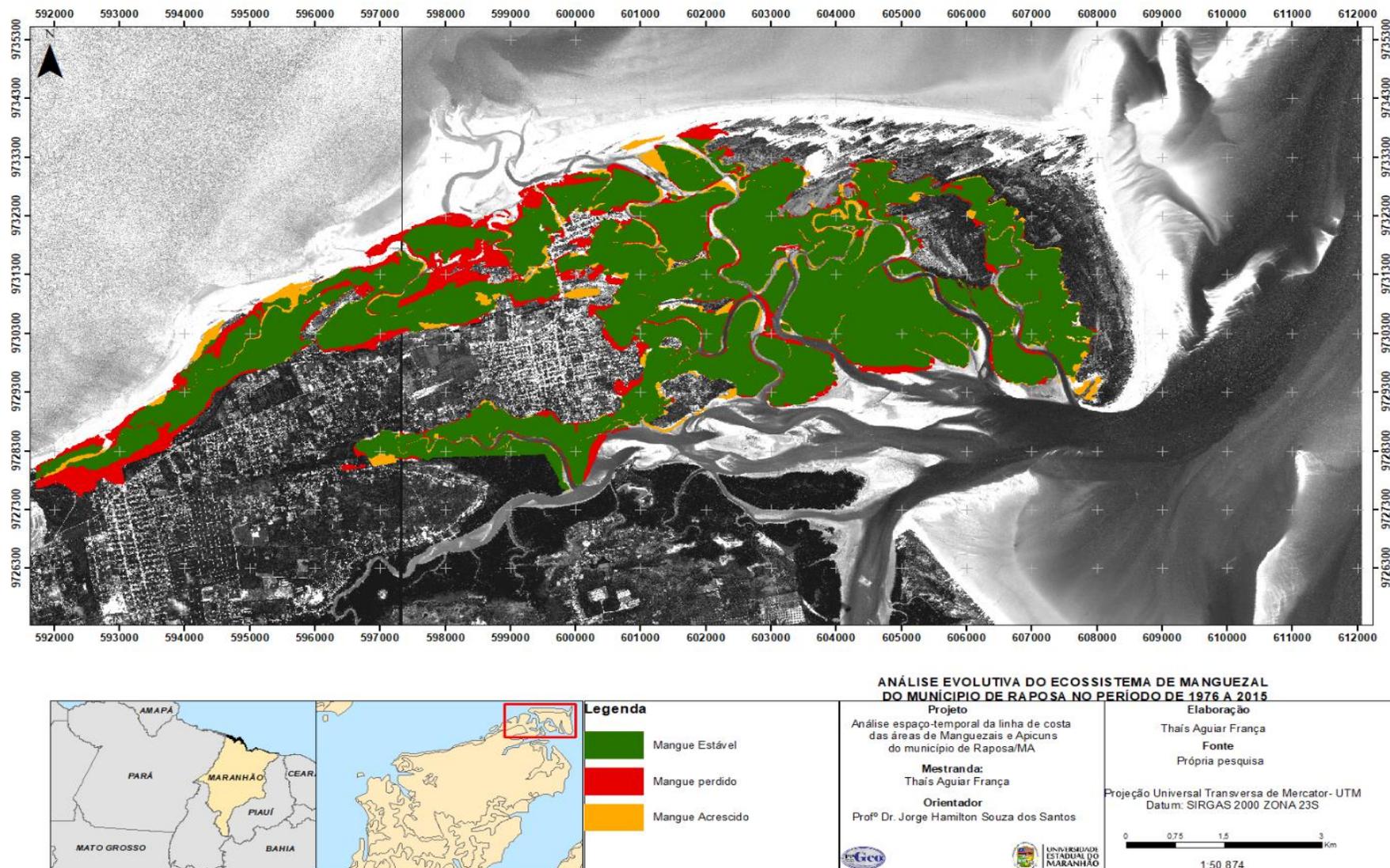
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 04 - Quantificação da evolução do ecossistema de manguezal (1976 -2015)

Tipo de Manguezal	Área de Manguezal (km ²)	Porcentagem da área (%)
Manguezal Estável	27,46	79,30
Manguezal Perdido	5,06	17,70
Manguezal Acrescido	2,13	6,20

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 46 – Mapa da evolução do ecossistema de manguezal do município da Raposa (1976-2015).



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dessas parcelas quantificadas, pode-se aferir inicialmente que as análises dos mapeamentos mostram, durante os períodos monitorados (1976-2010/1676-2015), que uma grande parcela das florestas de mangue se mostrou estáveis. Conforme observa-se nos mapas 11 e 12 o acréscimo de mangue ocorreu, principalmente, nas bordas dos canais, tal fato reflete uma intensa dinâmica sedimentar, haja vista que a área se encontra em uma zona de constante deposição de sedimentos propiciando a colonização de propágulos de mangue e seu consequente crescimento.

Além disso, durante o período de estiagem, com a redução da entrada de águas doces no sistema e a diminuição da vazão dos rios, ocorre o aumento de águas salinas nesses ambientes, favorecendo assim o desenvolvimento da vegetação tolerante à alta salinidade. A estabilidade dos manguezais da área de estudo evidenciada em todas as análises mostra que o sistema estuarino da área em investigação apresenta condições de recomposição natural dos manguezais.

Não obstante a isso, destaca-se que grande parte do ecossistema de manguezal preservado conforme o mapeamento realizado encontra-se na Ilha de Curupu, ambiente insular do município de Raposa, onde não há quantidade significativa de habitantes e edificações, tendo como fator limitante as próprias forças naturais (ondas, correntes, mares e ventos).

A área é ocupada por alguns pescadores locais, que constroem “ranchos” para moradia em alguns trechos isolados, além da comunidade de pescadores denominada localmente como “Recanto do Canto”, hoje conhecida apenas como “Comunidade do Canto” onde residem aproximadamente 100 habitantes, distribuídos em 35 casas que atualmente é composta por famílias provenientes do Município de São Jose de Ribamar, do bairro do Iguaíba e outros municípios do interior do Estado.

Os decréscimos ocorreram de forma mais evidente na porção continental do município, este fato inicialmente pode ser atribuído ao tensor antrópico. Com o aumento populacional, e consequente processo de urbanização, houve o aumento no preço da terra nas áreas próximas a orla marítima, associado a isso surge o processo de segregação espacial que levou a população de baixa renda a ocupar as áreas de manguezal. Nesse aspecto, ressalta-se que grande parte dessa população apresenta hábitos urbanos e atualmente não dependem do manguezal para sobrevivência, porém devido às dificuldades financeiras constroem suas casas de forma adaptada ao regime periódico da maré.

Atrelado a isso, destaca-se a problemática ambiental causada pelo desmatamento da vegetação de mangue e sua consequente perda de resiliência nos trechos onde a pressão

urbana é evidente, em decorrência da impermeabilização do solo, acúmulo de lixo e lançamento de esgoto e dejetos humanos diretamente nesse ecossistema extremamente frágil, ocasionando a diminuição de sua produtividade e o assoreamento do estuário. Além disso, as condições de insalubridade refletem-se na proliferação de doenças em decorrência da elevada umidade.

Observa-se que nas áreas onde há uma relativa pressão populacional, grande parte do manguezal não se recuperou durante os 39 anos de análise. Este fato pode ser analisado sobre a percepção de Odum (1981) quando destaca que a capacidade de resiliência do ecossistema de manguezal pode ser afetada quando o tensor deixa efeito residual, fazendo com que o ecossistema não tenha as mesmas condições anteriores ao distúrbio. O tensor induzido pelo homem possui uma intensidade maior de alteração dos processos naturais do ecossistema de manguezal, tendo em vista que eleé naturalmente estressado. No entender de Lugo (1980), os manguezais são considerados ecossistemas naturalmente estressados devido as próprias condições ambientais nas quais se desenvolvem como a salinidade do sedimento que dificulta a obtenção de água doce, os fluxos de marés que removem energia potencial armazenada na forma de detritos orgânicos, os processos geomorfológicos costeiros que podem causar erosão e/ ou deposição de sedimento, dentre outros.

Portanto, os efeitos residuais trazidos pelo processo de urbanização e ocupações irregulares no Município de Raposa, a exemplo do bloqueio da água salgada pelo processo de impermeabilização, descarga de efluentes, disposição de resíduos sólidos (lixo), são alguns fatores que contribuíram para a perda de resiliência nos trechos localizados na área urbana.

Por outro lado, a dinâmica natural da área, também contribui para o decréscimo da vegetação de mangue, tendo como fator atenuante às migrações dos sinuosos canais de maré e o aumento da ação eólica durante o segundo semestre, que afeta a velocidade de deslocamento dos campos de dunas, aumentando as áreas de soterramento dos mangues pelas dunas. Este processo na área é relativamente fácil de ser observado na área em análise.

O processo de soterramento dos manguezais pelo avanço das dunas destaca-se como um dos poucos processos naturais, comumente observado ao longo da zona costeira maranhense, conforme identificado, mapeado e quantificado nos trabalhos realizados por Feitosa (1997), Santos (1996), Santos (2008) Santos e Santos (2015). Tais fatores de acordo Novelli (2015), principalmente, os abióticos afetam e o regulam, a exemplo da variação do nível do mar, que pode provocar a supressão da vegetação ou o avanço da mesma em direção a linha da costa, tendo em vista que os manguezais estão inseridos nos componentes geofísicos e geomorfológicos da formação da zona costeira, moldando o ecossistema

conforme a intensidade das forças das marés, dinâmica dos rios, força das ondas e processos associados de deposição e erosão de sedimentos (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2000).

O avanço das dunas no estuário da Raposa causa alterações na granulometria do sedimento e podem sufocar a vegetação uma vez que as suas raízes não são adaptadas para a fixação em sedimentos mais arenosos e menos orgânicos. Essa zona de contato dunas/manguezal (Figura 47) ocorre ao longo da orla marítima e na Ilha de Curupu, ocasionado, primeiramente, a colmatação das raízes das árvores de mangue, ou seja, sufocando-as e enfraquecendo todo o vegetal, uma vez que nas raízes das árvores do mangue encontram-se os pneumatóforos que juntamente com as folhas são responsáveis pela respiração destas espécies como mencionado anteriormente.

Figura 47 - Mosaico com fotografias de campo mostrando o avanço das dunas sobre o manguezal na Ilha de Crurupu.



Fonte: Acervo da autora.

Quando esse contato se dá com ecossistemas frágeis como os manguezais e marismas, este tipo de transporte compromete o equilíbrio destes ambientes. Para Feitosa (1996) como resultado imediato, observa-se a redução da fauna característica, e as árvores

denunciam certa tendência à eutrofização. Quando o corpo de duna alcança estes ambientes, já não viceja a exuberância anterior: a paisagem assemelha-se a um cemitério de árvores.

Costa (2009) destaca que não necessariamente as dunas precisaram estar em contato direto com as florestas de mangue para matá-las. Uma simples proximidade entre ambas já se torna suficiente para tal, pois a ação dos ventos capazes de promover a remobilização de pequenas quantidades de sedimentos dunares para o manguezal já é suficiente, levando-se em conta que as espécies de mangues são muito sensíveis a mudanças na composição sedimentar, em seu ambiente natural.

Por outro lado, analisando as áreas quantificadas no curto espaço de tempo entre 2010 a 2015 (Figura 48) conforme aponta as tabelas 05 e 06, as perdas corresponderam a 0,7 km², e aumento de apenas 0,08 km², mantendo uma área estável de 27,52 km². Com isso, a comparação em curto espaço de tempo não apresenta grandes variações como na comparação ao longo dos 39 anos evidenciando perdas, principalmente, na zona de contato depósitos arenosos-manguezal. Nas áreas onde as alterações dos manguezais foram mínimas notadamente naquelas próximas aos canais de maré podem ser decorrentes da maior sedimentação de materiais finos, maior dificuldade de acessibilidade.

Tabela 05- Área de manguezal durante o período (2010-2015)

Ano	Área de Manguezal (km ²)
2010	27,66
2015	27,67

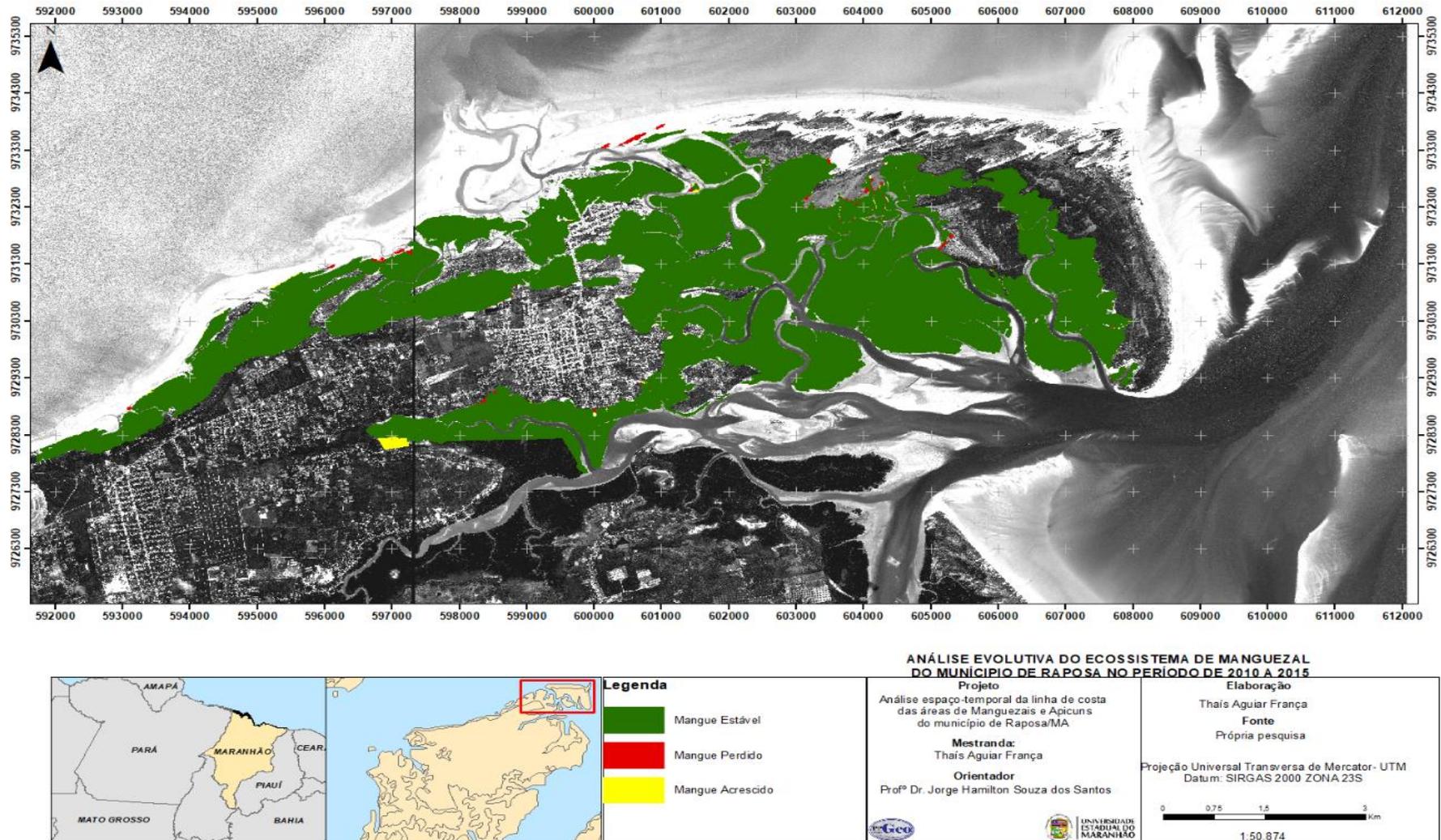
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 06- Quantificação da evolução do ecossistema de manguezal (2010-2015)

Tipo de Manguezal	Área de Manguezal (km ²)	Porcentagem da área (%)
Manguezal Estável	27,52	97,30
Manguezal Perdido	0,70	2,50
Manguezal Acrescido	0,08	0,30

Fonte: Elaborado pela autora

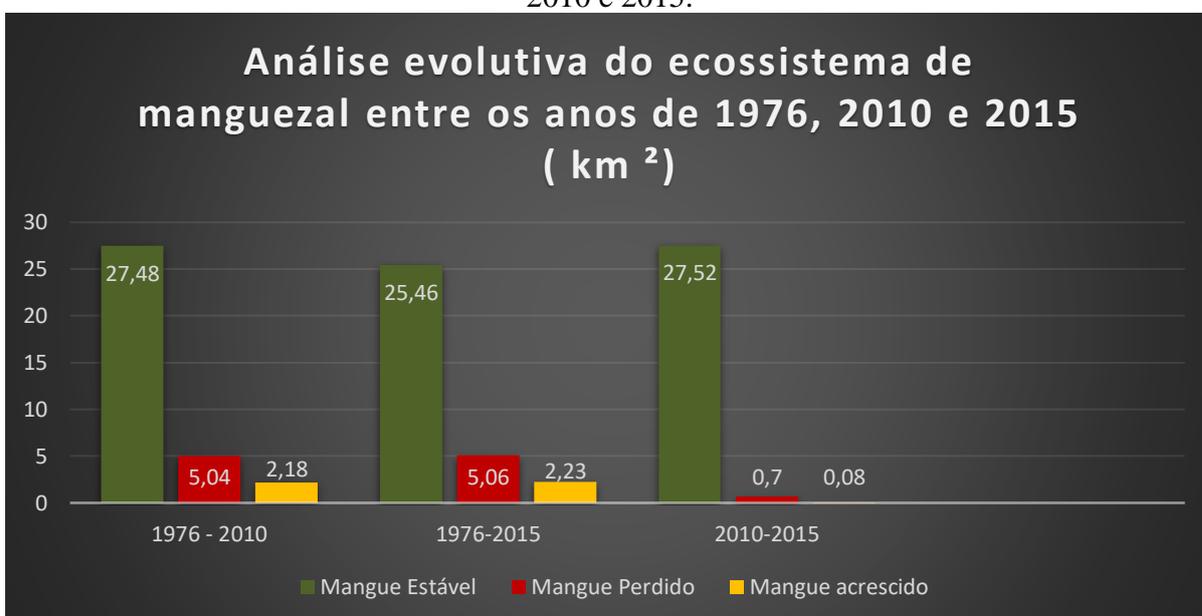
Figura 48 - Mapa da Evolução do ecossistema de manguezal do município da Raposa (2010-2015).



Fonte: Elaborado pela autora.

De uma maneira geral, constatou-se uma primeira diminuição da área ocupada pela vegetação de mangue entre 1976 a 2010 e uma estabilidade da referida cobertura vegetal entre 2010 a 2015. A figura 49 mostra a análise comparativa da área do ecossistema de manguezal dos anos de 1976, 2010 e 2015 durante os anos analisados, revelando que apesar de ser um ecossistema vulnerável em decorrência da sua posição na zona entre marés, e conseqüentemente, das alterações relacionadas à hidrodinâmica e salinidade, bem como do seu sistema radicular ser superficial e de todos impactos causados pelos processos naturais e antrópicos, o ecossistema de manguezal do Município da Raposa apresenta extensas áreas estáveis no período analisado. Tal fato é considerado altamente positivo se comparado ao que acontece na capital, São Luís – MA.

Figura 49 - Análise comparativa da área do ecossistema de manguezal dos anos de 1976, 2010 e 2015.



Fonte: Elaborado pela autora.

A expressão dos atributos estruturais e funcionais do ecossistema de manguezal da área estudada é resultante da dinâmica de fluxos de matéria e energia que se processam nesse sistema representados pelas energias do sol, vento, chuva, aporte de nutrientes, maré e ondas, conforme aponta Hadlich e Ucha (2009) que os manguezais participam da dinâmica geoambiental nos ambientes litorâneos cuja evolução depende dos fluxos de matéria e energia associados aos processos hidrodinâmicos derivados das oscilações das marés, vinculando trocas proporcionadas pela interação e interdependência entre o ecossistema do manguezal e de ecossistemas adjacentes. A estes processos estão associados os fluxos litorâneos responsáveis pelo transporte e distribuição de sedimentos e dos nutrientes ao longo da

plataforma continental; os fluxos eólicos que direcionados pelo regime de ventos alísios de nordeste com maiores intensidades no segundo semestre, atuando na modelagem, formação e movimentação das dunas, e interferindo no fluxo de sedimentos (areia, silte e argila) da zona costeira; os fluxos sedimentares provenientes das descargas fluviais que desaguam na baía de São José e do Rio Paciência, da intensa movimentação dos sedimentos das praias e do campo de dunas; os fluxos flúvio-marinhos através do regime hidrológico representado pela variação diária das marés, descarga fluvial, e a intensidade e volume das precipitações pluviométricas.

Sendo assim, apesar do adensamento da vegetação de mangue durante os períodos analisados, verificou-se que na zona de contato com a área urbana não ocorreu o aumento da recomposição natural dos indivíduos, uma vez que quando submetidos à grande incidência de tensores pode não ocorrer o seu máximo desenvolvimento estrutural, conforme aponta Schaeffer-Novelli (2001) que pela variedade funcional bastante forte, os manguezais são altamente produtivos e complexos e, conseqüentemente, tendem a resistir mais a perturbações, tanto naturais, quanto às induzidas pelo homem, porém a cada perturbação que se segue, acarreta prejuízo ao sistema, tornando-se assim, mais vulneráveis a essas interposições e conseqüentemente menos exuberantes e produtivos.

Torna-se importante ressaltar que os manguezais são dinâmicos, possuem crescimento contínuo e constante, restabelecem-se e renovam-se devido às suas características peculiares que lhes proporcionam sobrevivência e regeneração mesmo estando submetidos a ações antrópicas (DUKE, 2001).

Schaeffer-Novelli (2015) ressalta que o grau de desenvolvimento ou de complexidade que um manguezal pode alcançar depende de fatores externos (abióticos) que incidem sobre o sistema e o regulam sendo estas forçantes de natureza atmosférica, hidrográfica, oceanográfica e geológica. No ambiente do manguezal atuam muitas forças de diferentes intensidades e frequências, sendo altamente subsidiadas por fontes externas de energia, provenientes da energia do sol que se reflete nas condições climáticas de um bosque. A ação das marés, das precipitações, dos aportes de água doce e salgada, dos inputs de sedimentos fluviais e marinhos são captadas pelas espécies vegetais presentes no ambiente e transformadas em estrutura florestal.

Sendo assim, cabe salientar que apesar de todas as pressões verificadas nos manguezais da área de estudo destacamos que estes ainda exercem um grande papel no que diz respeito à dinâmica costeira na área, atuando na manutenção, regulação e diversificação da biodiversidade local, na regulação biológica de processos e funções ecossistêmicas. Fluxo de entrada e saída de energia e matéria é extremamente relevante para a dinâmica morfológica da

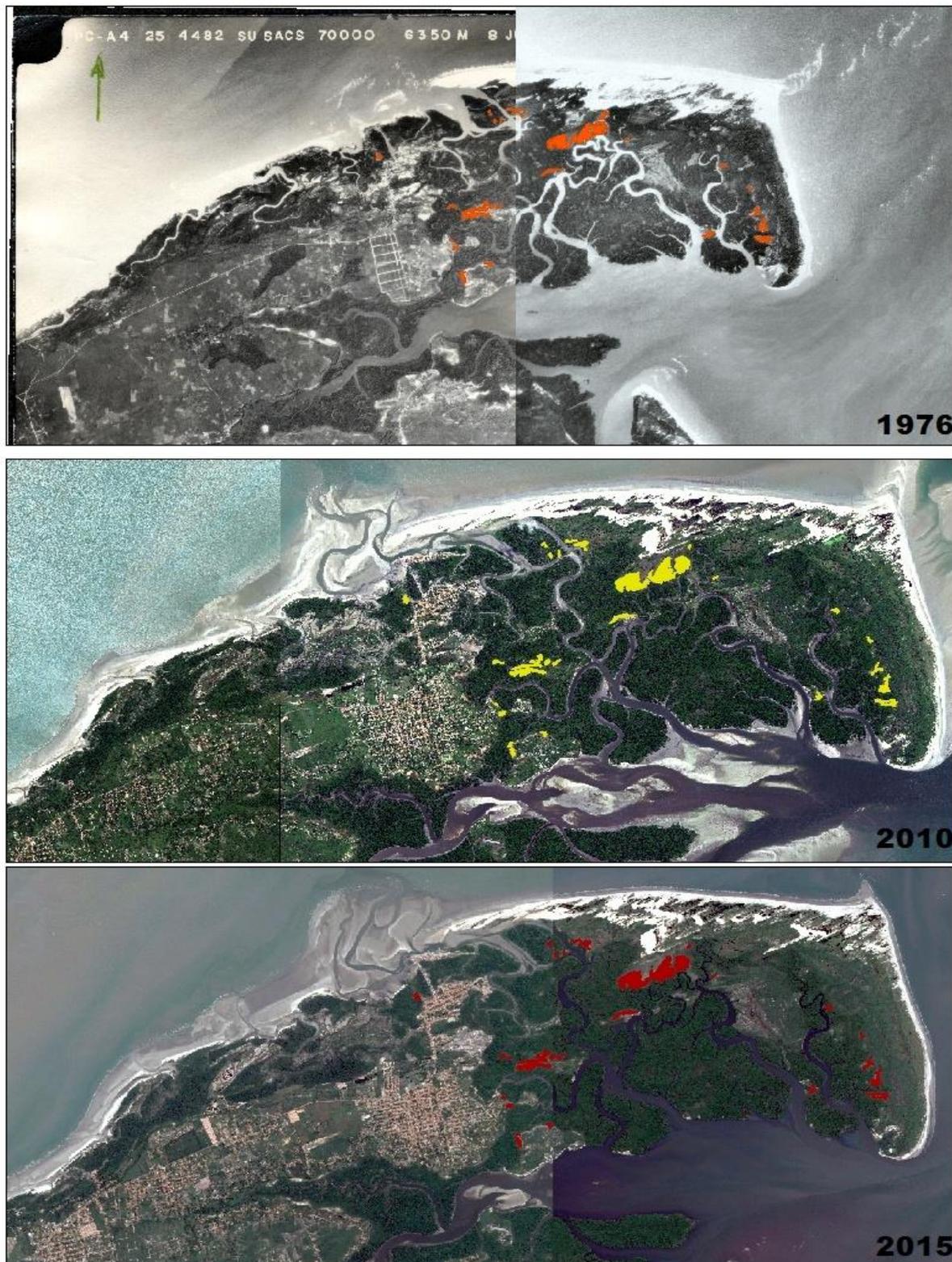
área, porém encontram-se fortemente vulneráveis à ocupação humana, em decorrência da fragilidade do equilíbrio ambiental, tendo em vista que as formas litorâneas apresentam graus de vulnerabilidade variados na maioria das vezes.

6.3 Análise Espaço Temporal do Ecossistema de Apicum no Período de 1976-2015

O Município de Raposa apresenta uma área de 66,400 km², sendo consideráveis áreas ocupadas por manguezais, sendo que os apicuns se encontram nas bordas dos manguezais na região de interface médio/supralitoral, exercendo uma importante relação com os manguezais, desenvolvendo-se na área superior ao estirâncio, sendo inundados por marés de sizígia, portanto, a vegetação de manguezal foi considerada como o limite do ecossistema de apicum, uma vez que, a associação dos apicuns com manguezais é também uma condição necessária para a caracterização desse ecossistema (Lebigre 2007; Hadlich *et al.* 2010).

Através da análise espaço-temporal dos apicuns, a partir do processo de vetorização (Figura 50) e posterior quantificação, pôde-se calcular a áreas de tal feição durante os períodos estudados. Em 1976 a área em análise possuía uma área total de 0,51 km² de apicum, em 2010 apresentava 0,48 km² e no ano de 2015 totalizava 0,50 km².

Figura 50- Áreas de Apicum mapeadas a partir do fotomosaico de 1976 e das imagens de satélite de 2010 e 2015.



Fonte: Acervo da autora.

Considera-se inicialmente nesta pesquisa duas características as quais a feição apicum pode ser enquadrada de acordo com as que mudanças em uma escala espaço temporal. Os apicuns instáveis são considerados aqueles cuja evolução ocorre para vegetação de mangue ou para áreas de terra firme, por outro lado, os apicuns estáveis são considerados aqueles cujas mudanças ocorreram apenas na sua franja permanecendo uma significativa área no decorrer dos anos, visto que esses ambientes podem interagir com o ecossistema adjacente através de sistemas ecológicos, geológicos, sedimentológicos e relações pedológicas (Lebigre 1999; Meireles e Silva 2002).

Analisando o período de 1976 a 2010 (Figura 51), observa-se que ocorreu uma área estável de 0,47 km² (77,04 %), uma redução de 0,06 km² (9,83%), um acréscimo de 0,08 km² (13,13%), (Tabela 07). Diante dessa pequena variação nas áreas de apicuns pode-se inferir que os mesmos mantêm o equilíbrio no nível de salinidade, impedindo o crescimento de vegetação de mangue.

Tabela 07 - Área de apicum durante o período (1976-2010)

Ano	Área de Manguezal (km ²)
1976	0,51
2010	0,48

Fonte: Elaborado pela autora

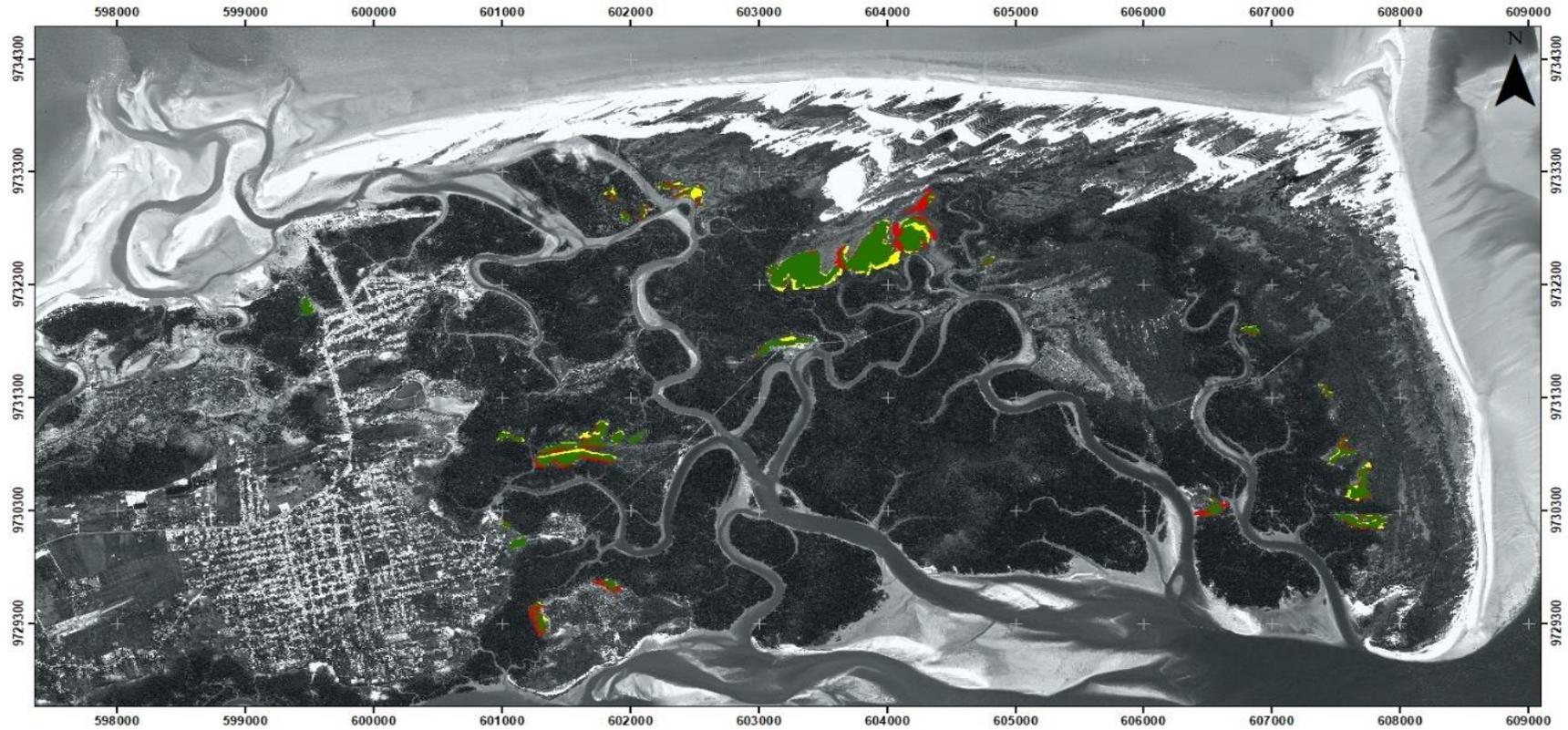
Tabela 08 - Quantificação evolutiva dos apicuns (1976-2010)

Tipo de Apicum	Área (km ²)	%
Apicum Estável	0,47	77,04
Apicum Perdido	0,06	9,83
Apicum Acréscido	0,08	13,13

Fonte: Elaborado pela autora

Vale destacar, que a principal característica desses ecossistemas é que eles são hipersalinos e podem atingir valores de salinidade até cinco vezes maior do que os encontrados na água do mar (Ridd e Sam, 1996; Sam e Ridd, 1998; Ridd e Stieglitz, 2002). Além disso, a salinidade influencia a distribuição dos organismos no apicum, atuando como fator limitante estando condicionada pela topografia, frequência de inundação e drenagem terrestre, podendo variar nas diferentes estações do ano, conforme Nascimento-Filho, 2007 e Coelho-Jr, (no prelo).

Figura 51 – Mapa da Evolução dos Apicuns no período de 1976-2010.



Análise Espaço-temporal do Ecossistema de Apicum no Período de 1976-2010		
Legenda  Apicum Estável  Apicum Perdido  Apicum Acrescido	Projeto Análise espaço-temporal da linha de costa das áreas de Manguezais e Apicuns do município de Raposa/MA Mestranda: Thais Aguiar França Orientador Profº Dr. Jorge Hamilton Souza dos Santos	Elaboração Thais Aguiar França Fonte Própria pesquisa Projeção Universal Transversa de Mercator- UTM Datum: SIRGAS 2000 ZONA 23S
	 1:30.000.000	

Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando a evolução dos apicuns no período de 1976 -2015, verificou-se que uma área significativa (Figura 52 e Tabela 08) ainda foi mantida estável com similaridade a análise de 1976- 2010, sendo que a área estável de apicum correspondente 0,44 km² equivalendo a 73,34%, com perda de 0,07 km² correspondente a cerca de 11,66% e acréscimo de 0,09 km², equivalendo a 15,00%, apresentando dessa forma apenas mudanças relativas de franja.

Tabela 09 – Área de apicum durante o período (1976-2015)

Ano	Área de Manguezal (km ²)
1976	0,51
2015	0,50

Fonte: Elaborado pela autora

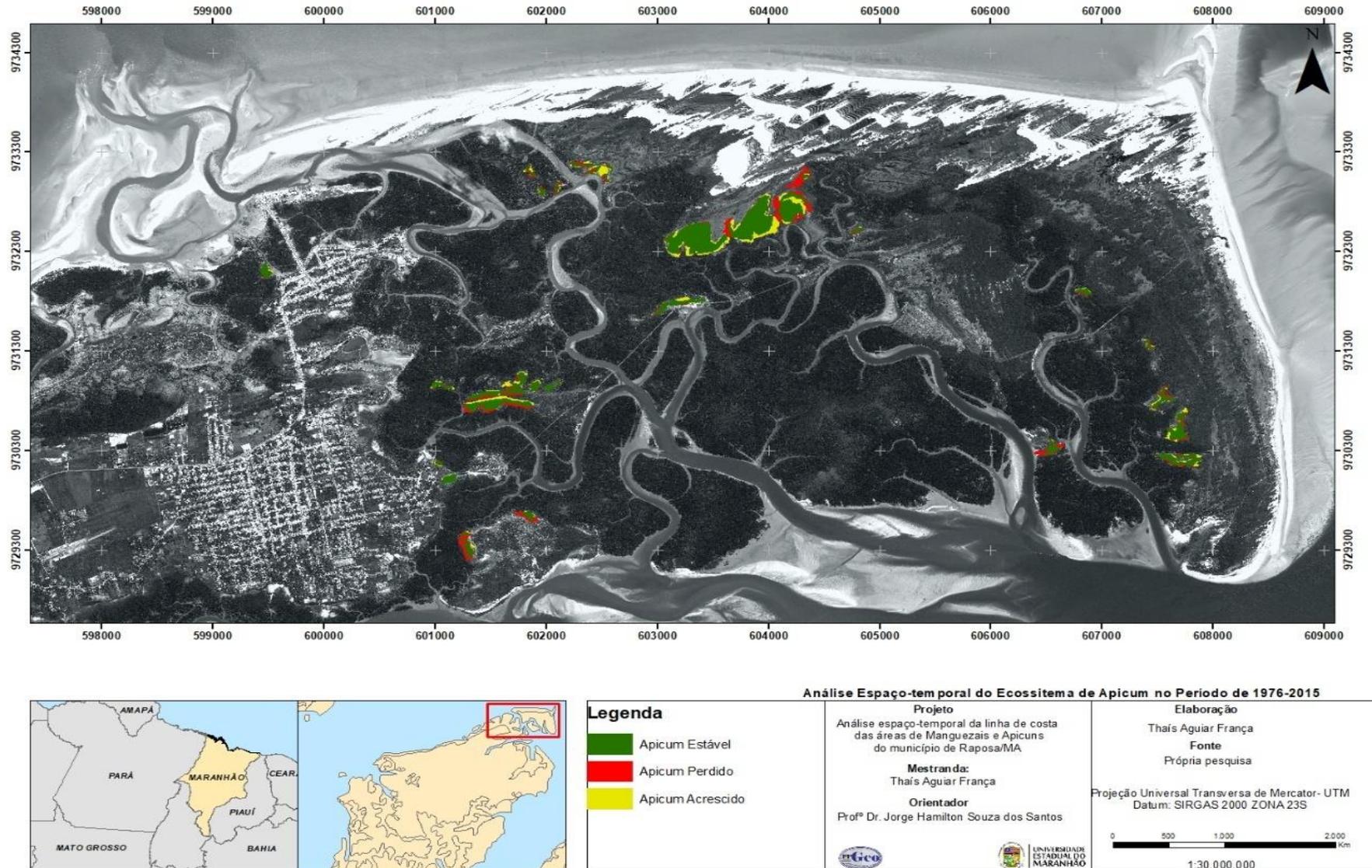
Tabela 10– Quantificação evolutiva dos apicuns (1976-2015)

Tipo de Apicum	Área (km ²)	%
Apicum Estável	0,44	73,34
Apicum Perdido	0,07	11,66
Apicum Acrescido	0,09	15,00

Fonte: Elaborado pela autora

Nesse contexto, a partir dos resultados obtidos com a análise espaço temporal dos apicuns, verifica-se que por estarem em uma região com grandes variações pluviométricas interanuais e estação seca bem definida de agosto a dezembro, uma baixa declividade e baixa frequência de inundação por marés, estes ambientes são muito estáveis e no decorrer do período analisado não ocorreram mudanças significativas, tendo em vista que as mudanças no ecossistema de apicum podem decorrer de fatores ligados ao aumento das amplitudes das marés. O aumento das amplitudes das marés pode resultar em escala local a partir das obras de engenharia de entrada no estuário, que alteram a troca de marés, alterando também a dinâmica das áreas de terra firme o que afetaria diretamente a dinâmica dos apicuns.

Figura 52 – Mapa da Evolução dos apicuns no período de 1976-2015.



Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando o curto período de tempo correspondente a 2010-2015 (Figura 53 e Tabela 06) a área estável quantificadas correspondia a 0,47 km², com perdas de 0,006 km² e acréscimo de 0,02 km², consideradas insignificantes. Observa-se também que não ocorreram mudanças significativas de perdas e acréscimos em alguns apicuns. Em outros se observou, pequenas alterações notadas apenas nas áreas de franja. Tal identificação foi possível na etapa de vetorização, uma vez que a imagem do satélite world view II por apresentar uma alta resolução (conter maiores quantidades de pixel por quilômetro quadrado) permitiu a fácil delimitação das bordas dos apicuns.

Tabela 11–Área de apicum durante o período (2010-2015)

Ano	Área de Manguezal (km ²)
2010	0,51
2015	0,50

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 12 - Quantificação evolutiva dos apicuns (2010-2015)

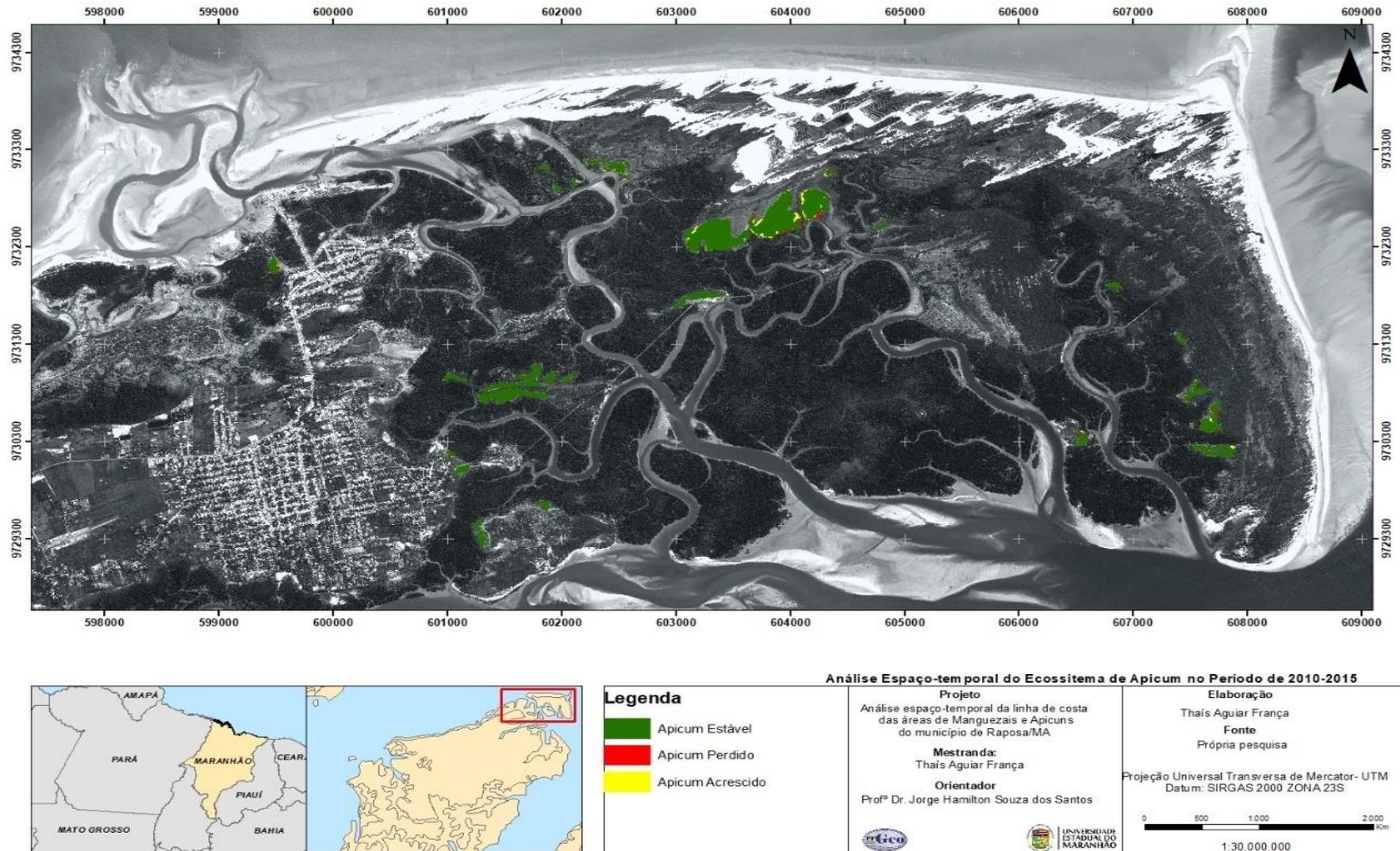
Tipo de Apicum	Área (km ²)	%
Apicum Estável	0,47	94,8
Apicum Perdido	0,006	1,2
Apicum Acrescido	0,02	4,1

Fonte: Elaborado pela autora

As análises sugerem a estabilização das áreas de apicuns, tendo em vista que no decorrer do intervalo analisado, verifica-se que as áreas de acréscimo e decréscimo corresponderam apenas a mudanças de franja assim como demonstrado na análise de 1976-2010, permanecendo sua forma original, o que caracterizaria tais unidades como estáveis, considerando a dinâmica costeira da área.

Em geral, os tensores antrópicos responsáveis por modificações nos apicuns, estão relacionados ao processo de ocupação desordenada e pela atividade de carcinicultura e salinas. Porém, na área estudada não foi encontrada nenhuma atividade relacionada a ocupação humana, carcinicultura ou salina implantadas durante o período de mapeamento. Por outro lado, em condições naturais o fator responsável pela redução de áreas de apicum decorre da sucessão ecológica natural derivada de fatores que criam condições favoráveis ao estabelecimento de vegetação de mangue.

Figura 53- Mapa da Evolução dos apicuns no período de 2010-2015.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse aspecto, para compreensão das condições estáveis dos apicuns mapeados na área em análise, deve-se inicialmente considerar o modelo conceitual que explicaria a ocorrência de apicuns nas regiões costeiras, ou seja, o seu padrão espacial. Para tanto, Santos (2005), enfatiza que as áreas de apicuns ocorrem pela precedência três variáveis: uma área inundada apenas pelas marés de lua nova e cheia (sizígias), associadas a climas secos ou sazonalmente secos e a uma baixa declividade do terreno.

Nesse sentido, a hipersalinidade dos apicuns estaria diretamente relacionada a inundação apenas algumas vezes por mês pelas marés. Ainda segundo Santos (2005), em climas secos ou sazonalmente secos, no intervalo entre inundações ocorre evaporação da água salgada e conseqüentemente o aumento da concentração dos sais no solo. Esse acúmulo não se restringe somente na superfície, mas por difusão e migração por gravidade, a água e solo subsuperficiais também são salinizados. E para uma futura colonização por vegetação de mangue deveria ocorrer a eliminação da camada hipersalina subsuperficial profunda.

Em contrapartida mudanças no padrão de comportamento do ecossistema de apicum podem ser analisada em diferentes escalas. Em uma escala macro, podemos citar as mudanças climáticas, em meso escala as mudanças de salinidade e em escala micro mudanças na topografia. Esses fatores responderiam pelas mudanças na frequência da inundação das marés os quais afetariam o processo de acúmulo de sais, modificando a dinâmica dos estuários, a salinidade e mudanças na topografia. As mudanças na escala regional da temperatura do ar e da precipitação, podendo alterar a hidrologia e a salinidade de uma área, ou aumentar sua elevação através de processos de acreção vertical ou sedimentação, de modo que permaneçam dentro da mesma faixa de maré, cujas mudanças na morfologia costeira exigiriam a atuação de uma maior energia como a elevação do nível do mar.

Santos (2005) ressalta que apicuns e salgados já foram florestas de mangue, em decorrência da dinâmica de elevação e redução do nível do mar, e que mediante um cenário atual de elevação do nível do mar, inerente a um aquecimento global estas áreas podem voltar a ser vegetadas por espécies típicas da flora do manguezal.

Para que haja a evolução de ecossistemas de salgados e apicuns para vegetação de mangue, o IBAMA (2005) destaca que inicialmente ocorre a germinação dos propágulos (provenientes do bosque de mangue localizado nas imediações) nas margens dos canais de maré e, posteriormente, acabam por tomar todo o setor de apicum, antes desprovido de cobertura vegetal arbórea. Essa condição natural é regida por condições ambientais que favorecem o crescimento de vegetação de mangue sobre os apicuns, condições estas favorecidas, principalmente, pela dinâmica dos fluxos de maré, água doce proveniente do

afloramento do lençol freático, índices pluviométricos, e escoamento superficial que podem propiciar uma diminuição da salinidade e conseqüentemente o desenvolvimento da citada vegetação.

Conforme aponta Hadlich e Ucha (2009, p. 14):

A alternância natural entre o apicum e o manguezal pode ocorrer pela elevação do nível do mar associada a uma alta taxa de evaporação da água uma baixa precipitação pluvial, fazendo com que a salinidade aumente em alguns terrenos que antes não eram banhados com frequência, proporcionando o avanço dos apicuns e a diminuição dos mangues e salgados, como pode ocorrer pelo aumento da pluviosidade, que favorece a lixiviação dos sais nos apicuns, reduzindo assim a salinidade nesses terrenos, ensejando a instalação do mangue e/ou do salgado, tendo em vista a atenuação desse fator natural limitante ao crescimento dessas áreas.

Portanto, o ecossistema de apicum pode ser um importante indicador de mudanças costeiras, uma vez que o avanço ou o recuo de vegetação do manguezal sobre o apicum pode fornecer indicações sobre alterações ambientais, já que o aumento das áreas de apicum significa diretamente a supressão da vegetação de mangue. Além disso, mudanças climáticas afetariam diretamente este ecossistema no que tange ao aumento da frequência de inundação pelas marés na região da planície hipersalina, possibilitando uma maior frequência na lavagem do substrato, alterando assim suas condições físico-químicas e conseqüentemente uma diminuição no seu perímetro ou seu desaparecimento.

Dessa forma esses ambientes refletem alterações de curto prazo e longo na hidrodinâmica, pluviosidade e variação do nível do mar que podem favorecer dificultar ou restringir a presença da vegetação, constituindo um excelente indicador de mudanças ambientais costeiras, conforme aponta Hadlich e Ucha (2009) que o comportamento da vegetação reflete as condições climáticas anuais, estando associado à maior ou menor salinidade encontrada no apicum decorrente, respectivamente, do menor ou maior aporte de água pluvial no ambiente cujas alterações no nível relativo dos mares ou na amplitude das marés possuem repercussão sobre as áreas de apicuns, sendo sua evolução (ou involução) indicadora de mudanças ambientais locais ou globais.

6.4 Variação da linha de costa do município de Raposa de 1976 a 2015

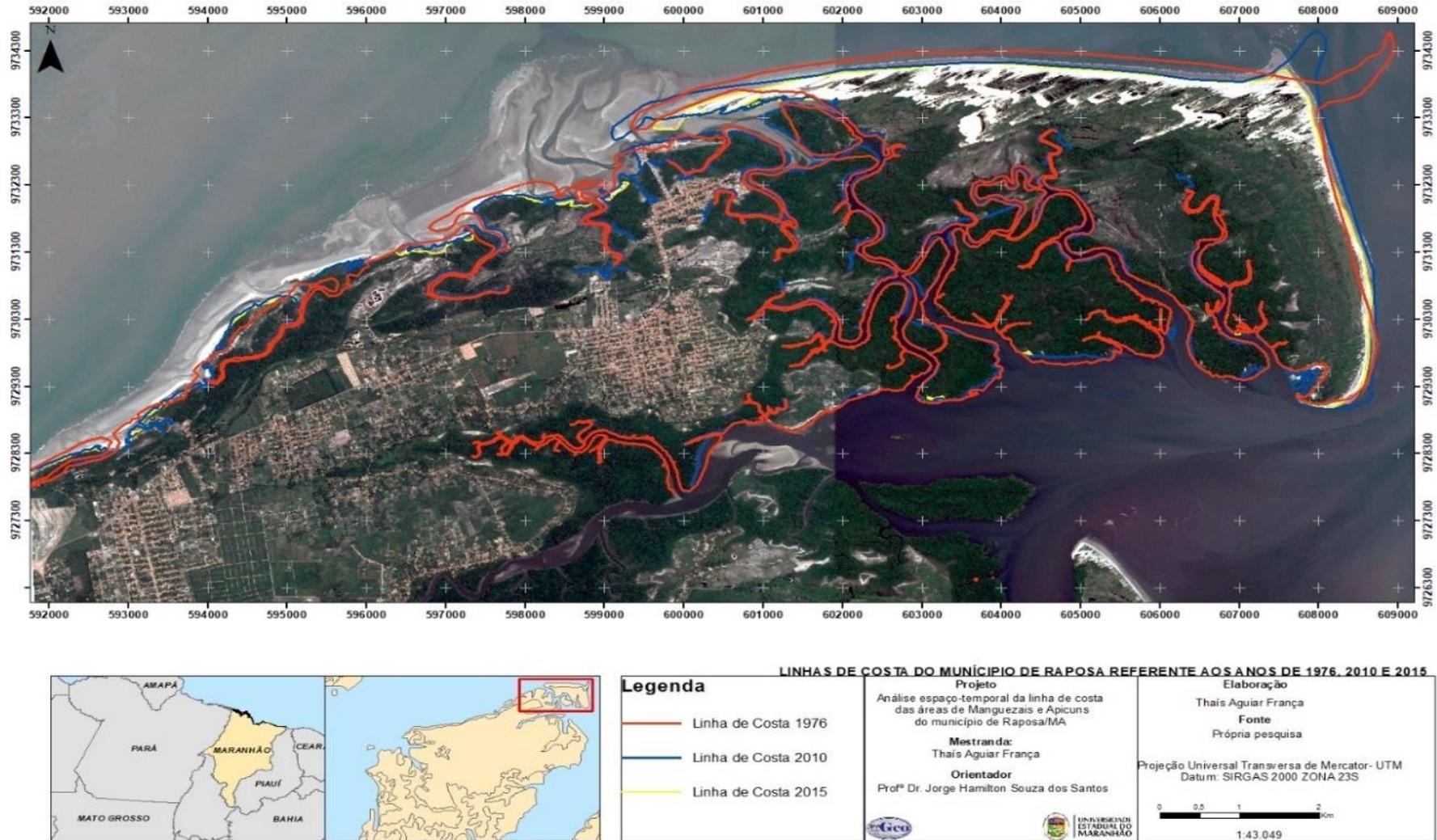
O estabelecimento de padrões da dinâmica costeira através do mapeamento evolutivo da linha de costa e sua posterior quantificação e caracterização ao longo do tempo indicam contínuas alterações morfodinâmicas resultantes da atuação das ondas, marés, correntes, descargas fluviais, fatores climáticos/meteorológicos, dentre outros, que alteram o

suprimento sedimentar e respondem pela movimentação da linha de costa. Em termos conceituais, a definição de linha de costa segundo Conti e Rodrigues (2011) dentro de um contexto dinâmico de análise, tem sido usada a definição, mais ampla, de zona de linha de costa que compreende uma faixa que se estende desde o limite extremo das baixa-mares equinociais de sizígia até o início da faixa colonizada por vegetação. Dentro desta área, é possível determinar uma série de linhas de costa cada uma definida por um critério e um método de extração e análise específico.

Em razão da variação espaço-temporal tornou-se um desafio para os pesquisadores definir a linha de costa. Nesta perspectiva, Araújo et. al. (2009) ressaltam que se convencionou utilizar indicadores para determinar a variação da linha de costa no intuito de diminuir a dificuldade. Nesse contexto, Moore (2000) destaca que para definição de linha de costa a partir de imagens de sensores remotos multiespectrais, são adotados para determinar sua posição: a linha de contato água/solo, caracterizada pela mudança na tonalidade da areia, porém deve-se considerar os dados de marés; a linha de deixa ou máximo de inundação em tempestades e a linha de limite da vegetação, indicado para análises a longo prazo, tendo em vista que o período de colonização da vegetação deve ser considerado.

Inúmeras feições já foram sugeridas como indicadores, como a linha da vegetação costeira, a base ou a crista da duna frontal, escarpas ou cristas no perfil praiial, e a máxima linha d'água atingida, que corresponde à marca da última maré alta (interface areia seca/molhada). Este último é o indicador mais frequentemente utilizado, sobretudo, porque este limite caracteriza-se por uma mudança nítida de tonalidade na areia da praia, causado por inundação repetida e periódica da praia pela maré alta (ARAÚJO *et al.* 2009; CROWELL, 1991). Para tanto, considerou-se como indicadores da linha de costa: a linha de preamar máxima (L1), constituindo a área externa, tendo como limite a zona de contato entre os depósitos arenosos e a vegetação de mangue na porção continental do município de Raposa e na porção insular a base das dunas. Na porção interior considerou-se os limites dos canais delimitados pela presença da linha de vegetação de manguezal (L2) (Figura 54).

Figura 54 - Mapa com as respectivas linhas de costa do Município de Raposa referente aos anos de 1976, 2010 e 2015.



Fonte: Elaborado pela autora.

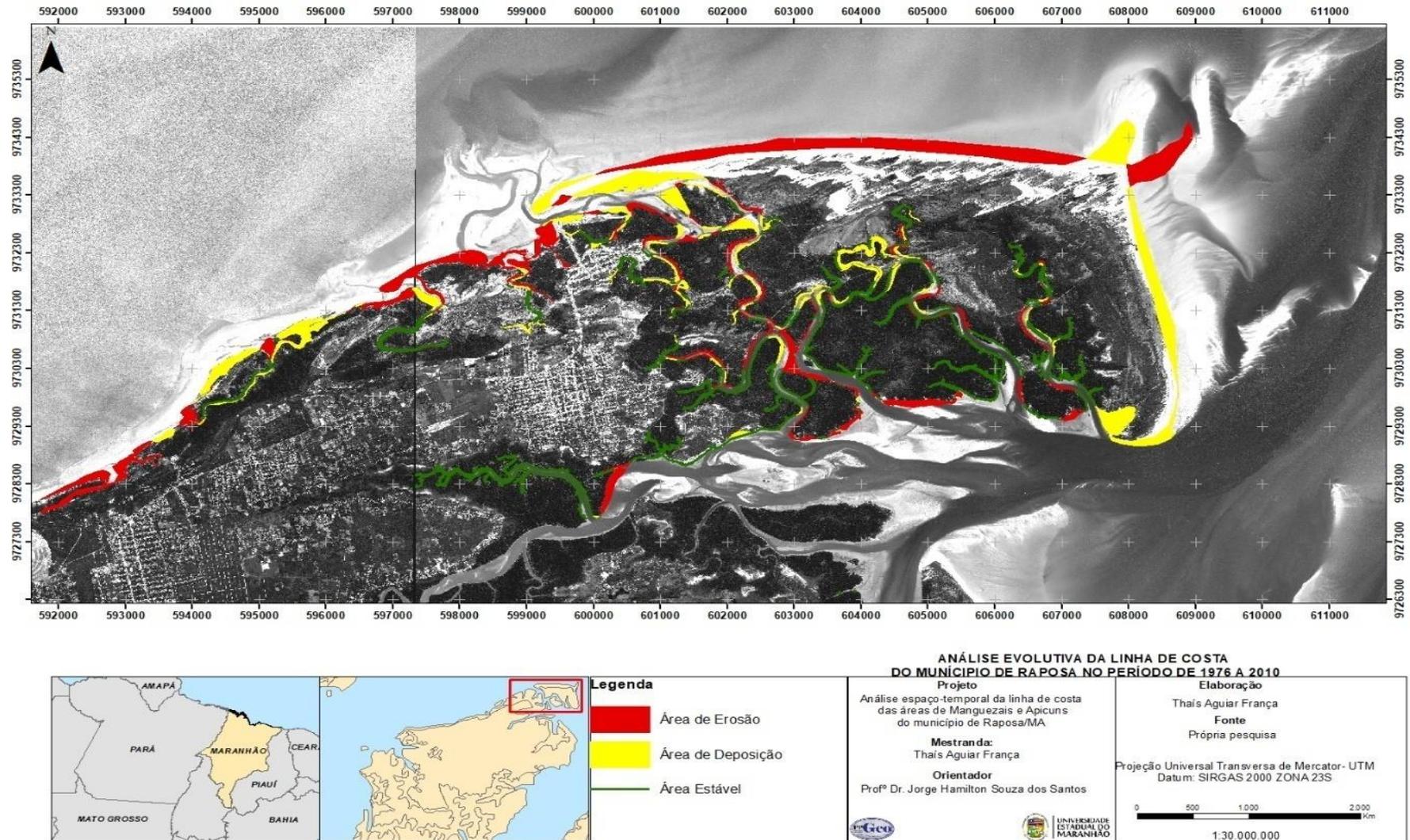
Estes indicadores de linha de costa possuem melhor visualização nas fotografias aérea e imagens de satélites e estão presente em todas as imagens das séries temporais obtidas. As áreas em progradação, erosão e estáveis são resultantes da subtração dos vetores gerados da linha de costa, entre os anos de 1976, 2010 e 2015, sendo o recuo da linha mais recente correspondente aos processos de retrogradação costeira e os avanços aos processos de progradação costeira.

Analisando as linhas de costa no período de 1976 e 2010 (Figura 55) verifica-se que a tendência deposicional é claramente identificável nas bordas dos canais de maré, provocando mudança na configuração e posição de alguns trechos. Uma mudança observada trata da diminuição da largura dos canais em decorrência do crescimento de vegetação de mangue, evidenciando nos trechos em progradação registraram-se ao crescimento da vegetação de mangue e a deposição observada nas proximidades do spit defronte ao cais da Raposa, constituindo assim uma resposta natural da linha de costa à deposição de sedimentos. Associado a isto, destaca-se a presença de bancos lamosos, facilmente observados na baixa-mar, ao longo dos canais de maré pela tonalidade mais escura, constituindo feições morfológicas resultantes do processo de deposição sedimentar na área de estudo.

Nesse sentido, destaca-se que os processos acrecionais, podem estar relacionados ao maior aporte de areia e silte/argila, nos trechos mais protegidos do litoral (baixa energia), acarretando migração da linha de costa na direção do mar, permitindo, nos setores de sedimentação lamosa, a progradação da vegetação de mangue (Souza Filho 2000b). Os manguezais contribuem diretamente para o processo geomorfológico de progradação, pois fornecem um mecanismo adicional de retenção e fixação de sedimentos, atuando como "armadilhas" para o sedimento e servindo, também, como proteção à remoção pelo ataque das ondas (Allison et al., 2000).

Nas áreas de recuo da linha de costa nos trechos próximos aos canais de maré, ocorrem processos erosivos em decorrência de sua dinamicidade devido à atuação das correntes de maré. Os canais possuem comportamento migratório ao longo da costa, segundo Oertel (1988), em decorrência da complexa entre o prisma da maré, energia das ondas e aporte sedimentar, no qual se atribui a deriva litorânea o papel mais importante na instabilidade dos canais, tendo em vista que o fluxo litorâneo é importante, principalmente, para a dinâmica morfológica como elemento dispersor e/ou concentrador na hidrodinâmica dos canais interferindo na batimetria e na evolução das margens depositando ou erodindo setores, provocando mudanças morfológicas.

Figura 55- Mapa de Análise evolutiva da linha de costa do município de Raposa no período de 1976 a 2010.



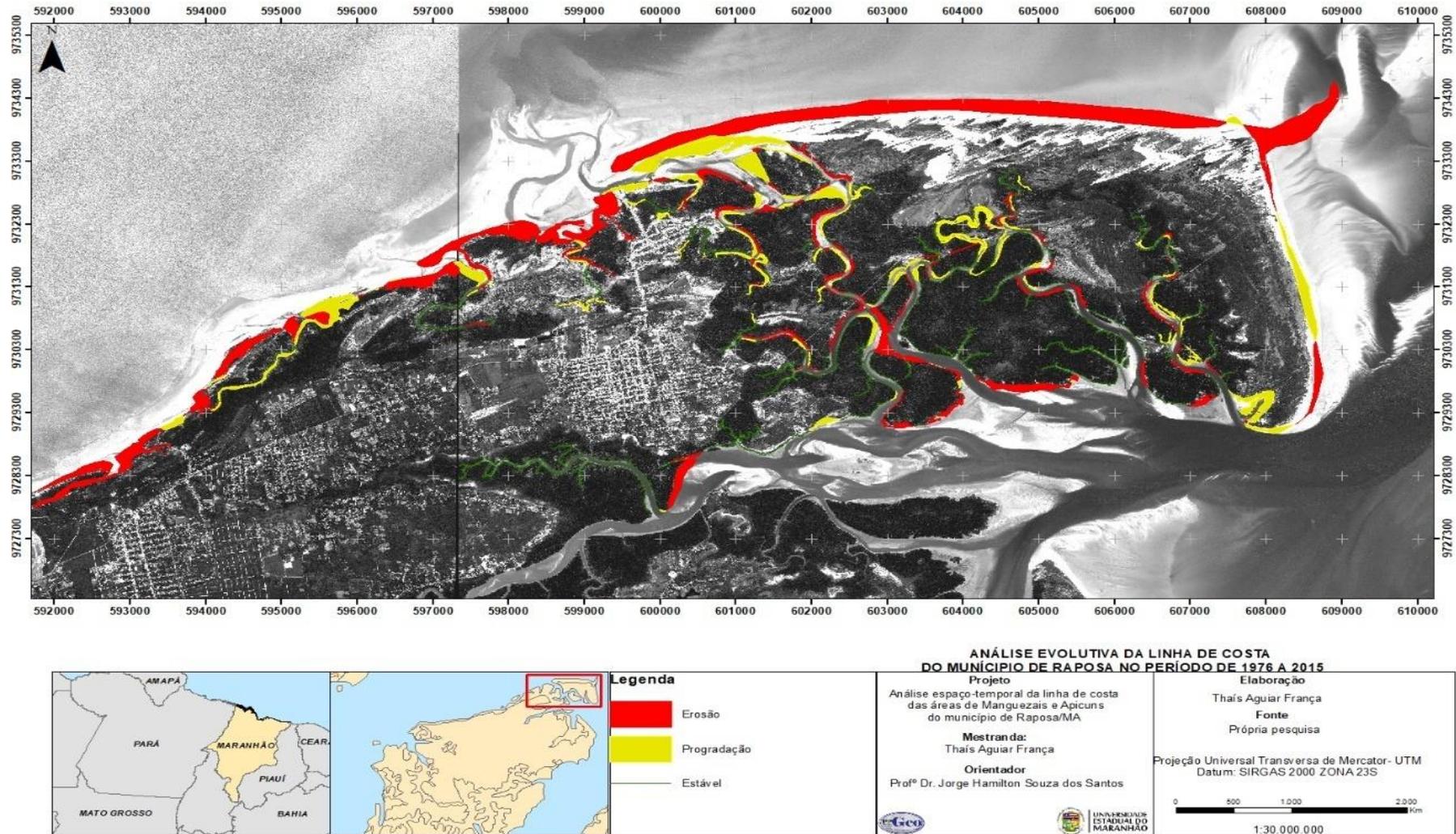
Fonte: Elaborado pela autora.

Análise evolutiva da linha de costa no período de 1976 a 2015 (Figura 56) evidenciou tendências similares ao período de 1976-2010 (Figura 55). Na linha de máxima preamar, ocorre exposição direta a atuação das ondas, correntes, marés e ventos constituindo-se numa região altamente dinâmica. Os processos responsáveis pela morfodinâmica na zona de contato praia/dunas têm origem na antepraia, que recebe diretamente os inputs representando uma zona de máxima movimentação de sedimentos devido à atuação das ondas e correntes. Nesse sentido, Calliari *et al.* (2003) destacam que a antepraia representa o limite externo os fluxos gerados pelas ondas e marés exercem atritos sobre os sedimentos móveis causando constantes mudanças na morfologia das praias. Os autores ainda ressaltam que dependendo do clima das ondas essa camada se estende a profundidades de uma a duas dezenas de metro e tem a praia como limite mais externo.

A faixa de praia arenosa possui grande representatividade e está subordinada aos processos acumulativos dependentes da carga aluvial depositada pelos rios, que são transportadas pela ação das ondas, correntes e marés, cujos sedimentos são constantemente lavados pela oscilação periódica das marés. Já a região da pós-praia tem influência direta das marés de sizígia, uma vez que a maior largura da praia quando da lua nova ou cheia propicia o transporte de sedimentos provenientes do estirâncio os quais pela deflação eólica são transportados para dentro do continente, contribuindo assim, para a formação das dunas.

Similarmente observado por Santos *et al.* (2005), nos Lençóis Maranhenses a significativa área praial é receptora também de material proveniente da plataforma continental interna e do sistema de drenagem representado pelos rios Itapecuru, Munim e Paciência. Assim, os sedimentos arenosos depositados sobre a face praial, a qual fica exposta a insolação diariamente durante os ciclos de macromarés (intervalos de 12 horas), os quais posteriormente depois de secos são remobilizados em direção ao interior da orla do município de Raposa (incluindo a Ilha de Curupu) pelos ventos unidirecionais do quadrante nordeste, formando cordões arenosos, dunas e pequenos campos de dunas.

Figura 56- Mapade Análise evolutiva da linha de costa do município de Raposa no período de 1976 a 2015.



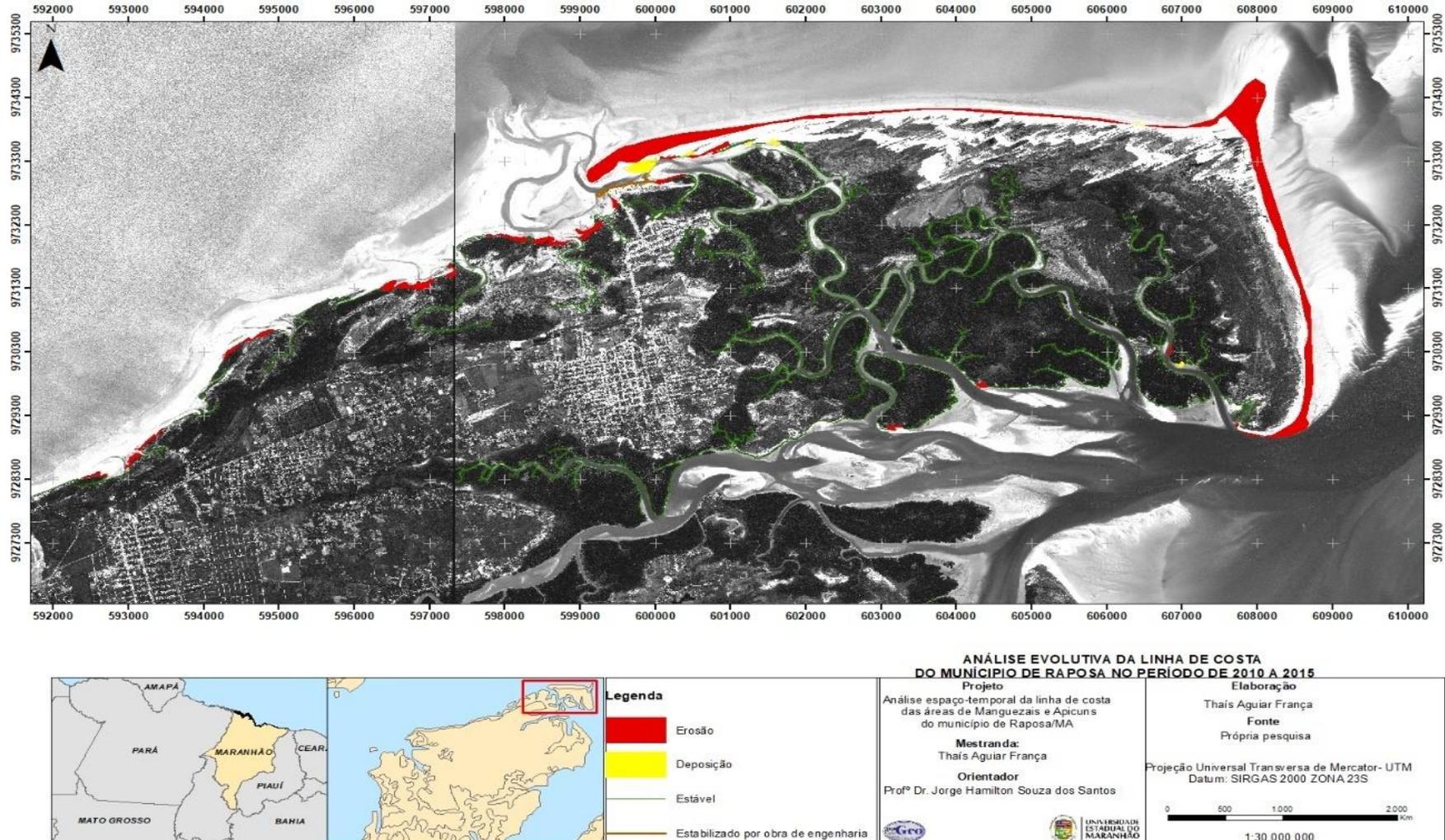
Fonte: Elaborado pela autora.

As variações espaciais do período de 2010-2015 (Figura 57) foram pouco representativas considerando a variabilidade natural da linha de costa. Verifica-se alguns possíveis trechos com tendência a erosão, aqueles localizados na linha de contato entre a vegetação de manguezal e a praia arenosa, fato que pode estar atrelado à dinâmica própria dessa região que através da movimentação de sedimentos, o vento influencia outros agentes desses processos com destaque para as ondas e as correntes. Sob tal impulso, estes agentes atuam de forma constante sobre os sedimentos provocando o transporte, a deposição e a erosão dos mesmos ao longo da linha de costa.

Em todos os períodos analisados a zona de contato entre dunas / manguezal evidencia a migração de depósitos eólicos sobre os manguezais, gerando o recuo da linha de costa nesses trechos e destruição de faixas frontais de mangue. Dessa forma, o processo de retrogradação da linha de costa na área de estudo também está relacionado com a redução do suprimento sedimentar, evidenciados por mecanismos de erosão visualizados pela diminuição da vegetação de mangue em determinados locais ao longo do período estudado.

Observa-se que em todos os períodos analisados, a similaridade na migração do spit, uma feição deposicional exposta durante a baixamar e submersa na preamar, cuja formação está atrelada ao aporte de sedimentos marinhos e estuarinos. Nos períodos analisados essa feição apresentou evidente migração em decorrência do processo de progradação de grandes quantidades de sedimentos. Por outro lado, as áreas com tendência a erosão na Ilha de Curupuo referido período pode estar atrelado à diferença de maré durante o mapeamento. Na linha de vegetação de manguezal (L2) ocorrem poucas mudanças durante período analisado restringindo-se a pequenas alterações em alguns trechos das margens dos canais.

Figura 57- Mapa de Análise evolutiva da linha de costa do município de Raposa no período de 2010 a 2015.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse aspecto, Souza Filho *et al.* (2009) ressaltam que a erosão da linha de manguezais é um fenômeno natural relacionados com os parâmetros hidrodinâmicos que controlam o deslocamento da linha de costa para o continente, provocando a remoção/retirada do suprimento sedimentar, o que causa o solapamento das raízes do manguezal e a consequente queda das árvores.

Por outro lado, o tensor antrópico tem contribuído para o aumento dos processos erosivos na área de estudo. Com o aumento do fluxo de ocupação ao longo dos anos frente ao crescimento do turismo na área alguns trechos da linha de costa foram fixados por equipamentos urbanos onde o avanço do mar tem provocado a destruição de muros, casas, hotéis e infraestruturas urbanas. Para minimizar este processo no intuito de defender o patrimônio edificado, foram construídas estruturas de proteção, como os enrocamentos e pequenos espigões (Figura 58) que apesar de sua eficiência ser controversa, principalmente quando a iniciativa de proteção utiliza baixas tecnologias, tem resultado em baixos índices de eficiência.

Figura 58 - Obras de proteção costeira no município de Raposa.



Fonte: Acervo da autora.

Van Rijn (2011) destaca que esse tipo de estrutura rígida pode levar a um aumento da variabilidade costeira, com taxas de erosão muito maiores do que a situação anterior, uma vez que tal área está submetida a um regime de macro maré. Isso ocorre por que esse tipo de estrutura, por vezes, leva a saturação da deriva litorânea (em maior ou menor grau),

condicionando uma nova situação de dinâmica costeira, que é deficientemente conhecida, porém é caracterizada pela erosão das praias adjacentes, em maior parte dos casos.

Na margem direita do canal da Raposa próximo onde foram construídos os espigões verifica-se a ampliação dos riscos costeiros pelo processo de erosão. Observa-se a redução das tipologias de mangue e o desmoronamento da margem direita do canal da Raposa e a migração do pontal (*spit*) em direção ao cais do município. Esse processo ao longo do tempo pode ocasionar o assoreamento do canal, reduzindo sua profundidade e conseqüentemente o avanço das águas marinhas ou estuarinas por sobre o recente cais (Figura 60).

Segundo Feitosa (1996), o aporte de sedimentos arenosos carregados pelos agentes oceanográficos e pelo vento vem provocando o deslocamento do canal em direção ao município, causando sérios prejuízos ao patrimônio público e privado, particularmente na destruição do cais/atracadouro, do sistema de instalação pública e das casas dos pescadores e da população em geral.

Figura 59 - Mosaico de fotografias evidenciando a supressão da vegetação de manguezal nas margens do canal da Raposa.



Fonte: Elaborado pela autora.

Destaca-se, portanto, que a utilização dos indicadores de linha de preamar máxima (L1) e linha de vegetação de mangue (L2) evidenciaram mudanças de acreção e erosão

costeira resultantes da dinamicidade dos processos a que estas estão expostas, principalmente, no que se refere as alterações no suprimento sedimentar e nos processos costeiros, refletindo na movimentação da linha de costa.

Tessler e Goya (2005) atribuem os efeitos erosivos e deposicionais, observados atualmente ao longo de alguns segmentos do litoral brasileiro às mudanças do padrão da dinâmica atual por variações naturais (oscilação do nível marinho, alterações dos regimes de ondas e marés associados aos ciclos climáticos), a interferência humana sobre os mecanismos de dinâmica costeira.

Sendo assim, a evolução da linha de costa reflete processos de erosão e progradação devido à atuação de processos, tanto naturais, quanto antrópicos estando ligados a fatores em escalas temporais e espaciais respondendo pelas tendências sedimentar dos processos costeiros atuantes e a influência antrópicas sobre a zona costeira. Cabe destacar que esses ambientes que possuem elevada dinâmica a exemplo das praias, pontais, dunas e manguezais podem mudar, em curto espaço de tempo, independentes da intervenção humana.

6.6 Impactos e efeitos socioambientais dos processos de progradação e retrogradação da linha de costa e medidas mitigadoras para subsidiar o planejamento integrado da zona costeira do município de Raposa.

O processo de ocupação no ambiente costeiro altera de forma significativa a dinâmica da paisagem, principalmente, o dinamismo de processos atuantes de perda (erosão) e ganho (deposição) de sedimentos, que mantêm o equilíbrio natural do balanço sedimentar. Este ambiente corresponde ao sistema de maior complexidade ambiental, onde ocorre a interação dos agentes terrestres, oceânicos e atmosféricos, constituindo assim uma das áreas de maior troca de matéria e energia do planeta Terra.

A partir do uso de métodos indiretos para identificar as áreas em processo de progradação e retrogradação dentro de uma escala temporal histórica foi possível identificar os ambientes sujeitos a estes processos que podem ocorrer devido a padrões cíclicos de alternância entre períodos chuvosos e secos, de direção e intensidade dos ventos, regime de ondas e marés, de transporte sedimentar e balanço local de sedimentos.

Os principais efeitos ambientais dos processos de erosão e deposição na área de estudo estão relacionados a erosão nas margens dos canais de maré, a redução das tipologias vegetais da área de estudo devido ao transporte de partículas a longas distâncias, uma vez que este contato se dá com ecossistemas frágeis como os manguezais e marismas, este tipo de transporte, razoavelmente elevado em seu volume, propicia o comprometimento do equilíbrio

destes ambientes. Como resultado imediato, observa-se a redução da fauna característica, e as árvores denunciam certa tendência à eutrofização. A intensificação da atividade eólica no segundo semestre do ano ocasiona uma maior mobilidade das dunas móveis soterrando as áreas de manguezais sobre a vegetação de restinga.

A evolução do campo de dunas móveis da Ilha de Curupu evidencia o intenso processo de deposição sedimentar devido às mudanças na configuração da linha de costa formando um sistema onde a entrada de matéria e energia consiste nos sedimentos transportados pelos cursos fluviais que, entrando em contato direto com o mar, são carregados pelas correntes de deriva litorânea e transportados pelas ondas em direção às praias. Em seguida, esses sedimentos ficam expostos a insolação e posteriormente são transportados em direção ao interior do continente e das ilhas sob ação dos ventos predominantes de NE. Devido a este processo algumas edificações terminam tendo problemas com o avanço destes sedimentos, soterrando algumas áreas construídas ou até mesmo formando dunas defronte as residências impedindo temporariamente o acesso dos moradores. Todavia, este processo muito comum em outros municípios situados na zona costeira maranhense, na área em análise, essa situação constitui casos isolados até o momento.

No que se refere à erosão nas áreas urbanizadas, Bird (1996), explica que os efeitos da erosão variam de acordo com o nível de desenvolvimento econômico da região. Em áreas desenvolvidas com o grau de urbanização maior, o processo erosivo tende a se tornar um problema maior, se comparado as áreas com costas mais remotas e naturais, onde a erosão tem pouca importância e a perda de sedimentos em uma área pode significar acreção em outra.

Nesse sentido, na área de estudo os processos erosivos são responsáveis pela destruição do cais/atracadouro da Raposa na porção continental e na porção insular na área onde se localiza a comunidade do Canto, ocorre a deposição de sedimentos soterrando as casas dos pescadores que residem na Ilha de Curupu. Neste aspecto a erosão costeira torna-se um problema, pois ocorre em áreas de forte interesse socioeconômico, estando neste caso ligadas aos espaços habitacionais e turísticos.

Para Muehe (2006) a urbanização em si não provoca erosão, entretanto, a construção de edificações dentro da faixa de resposta dinâmica da praia tende à retomada pelo mar da área construída. Isto revela a necessidade de implantação de normas que prevejam a manutenção de uma faixa de não edificação junto à orla, adotando, como precaução, uma largura que considere um cenário de elevação do nível do mar e a tendência de retrogradação quando identificada previamente.

No entanto, Muehe (2005) destaca quemesmo a erosão costeira ocorrendo de forma generalizada em muitos lugares do litoral brasileiro, muitas vezes até de forma bastante pronunciada, não representa uma ameaça quando se considera a orla costeira do Brasil como um todo. Os maiores problemas estão associados às intervenções humanas que induzem mudanças nos regimes hidro e morfodinâmicos da zona costeira.

Destaca-se a importância e a necessidade da manutenção e avanço nas pesquisas nas zonas costeiras, para suprir a carência de informações tanto no aspecto qualitativo quanto quantitativo no que tange as alterações naturais e antropogênicas e seus reflexos na erosão costeira, tendo em vista que os efeitos da dinâmica natural associado com as perturbações antrópicas, podem induzir mudanças nas unidades de paisagem reduzindo a biodiversidade.

O aspecto fundamental para o estudo da zona costeira e seu gerenciamento é o conhecimento de sua vulnerabilidade em relação à modificação da posição da linha de costa, o seu uso, a ocupação e a adoção de qualquer obra de engenharia costeira, necessita de ordenamento coerente com as potencialidades e suscetibilidades das unidades de paisagens desses ambientes. Dessa forma, a alteração no ambiente costeiro devido à instalação de estruturas e equipamentos humanos nesse ambiente altamente dinâmico expõe as referidas construções à dinâmica desse ambiente. Nesse sentido, para a construção de espigões na área de estudo é necessária uma profunda análise das condicionantes geomorfológicas, climáticas e oceanográficas antes da intervenção, pois caso não seja feito um estudo minucioso sobre a área, tem-se uma elevada probabilidade da obra não surtir seus efeitos esperados.

O conhecimento das causas naturais e antrópicas da erosão costeira são de extrema importância para adoção de medidas mitigadoras no gerenciamento dessas áreas, tendo em vista que os padrões naturais de erosão e sedimentação condicionam a morfologia e a posição da linha de costa. Nesse sentido, os processos erosivos e de acreção na linha de costa de curto e médio prazo devem se basear em estudos específicos de caracterização e monitoramento morfodinâmico, através de estudos geológicos e geomorfológicos.

Para Neves e Muehe (2008), o controle dos órgãos ambientais, a legislação que impõe responsabilidades de monitoramento às atividades econômicas e industriais situadas na costa e as próprias ações de educação ambiental e divulgação científica, em conjunto farão com que se desenvolva gradualmente uma nova “mentalidade marítima” e de gerenciamento integrado da zona costeira. Para os autores o planejamento de qualquer ação futura, deve-se estabelecer um programa de monitoramento ambiental de longo prazo, envolvendo parâmetros meteorológicos, oceanográficos, geodésicos e geomorfológicos.

Além disso, é importante o reconhecimento do papel dos municípios na ordenação do seu espaço territorial, haja vista que em geral é permitida a ocupação de áreas frágeis, ou morfológicamente instáveis, sem critérios básicos de engenharia costeira, visando apenas o recolhimento de taxas municipais ou o embelezamento da orla do município. As ações do Programa de Gerenciamento Costeiro, em nível federal, dirigem-se necessariamente ao nível estadual, o que muitas vezes se mostrou incapaz de atingir o nível municipal, como pode ser atestado por vários casos de erosão costeira, de destruição de ecossistemas e de ocupação desordenada da orla. Nos casos onde se observa a severidade dos processos progradacionais e retrogradacionais, o ideal seria optar pela remobilização da população afetada com o abandono das edificações, uma vez que em certos casos o gasto com a proteção supera o valor das áreas a ser protegidas. Logo, prever as respostas e antecipar cenários para a zona costeira é uma situação bastante complexa.

Baseado no exposto torna-se necessário a adoção de medidas como o planejamento prévio e a priorização de estudos voltados para a análise dos principais processos atuantes a longo e curto prazo que interferem nas condições atuais da linha de costa do Município de Raposa. Outra medida bem-vinda, diz respeito ao estabelecimento de monitoramento costeiro permanente e um plano de ordenamento territorial de ocupação do seu espaço costeiro, como medidas que podem ser tomadas para subsidiar o planejamento ambiental da área de estudo, visando adequar as pressões impostas pelo homem às potencialidades do meio natural.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do mapeamento das unidades de paisagens do município de Raposa, verificou-se que elas apresentam conectividade e relação espacial de adjacência e respectivas singularidades. Os fundamentos teórico-conceituais da abordagem sistêmica possibilitaram analisar a paisagem como um conjunto único e indissociável, com características específicas decorrentes das combinações dinâmicas dos fatores físicos, biológicos e antrópicos, com seus respectivos agentes e processos de alteração em constante evolução. O objeto de estudo da presente pesquisa, considerou-se como classes principais o ecossistema de Apicum, os Depósitos arenosos (faixa de praia e campo de dunas), o ecossistema de Manguezal, Área Vegetada (Campos, Floresta Secundária) e área urbana.

Dentre as unidades mapeadas o ecossistema de manguezal se manteve predominante em todas as séries estudadas, correspondendo a 30,50 km² (46,02%) em 1976, a 27,67 km² (41, 73%) em 2010, e 27,67 km² (41, 73%) em 2015. A unidade menos dominante mapeada nos anos de 2010 e 2015, foram as lagoas efêmeras, que se apresentaram em pequenas dimensões espaciais com cerca de 0,02km² (0,03%) da área mapeada no ano de 2010 e no ano de 2015 correspondeu 0,03 km² (0,05%). A unidade de paisagem apicum também apresentou-se com poucas variações durante os anos observados, correspondendo a 0,51 km² (0,77%) em 1976, apicuns 0,48 km² (0,72%) em 2010 e 0,50 km² (0,75%) em 2015. As variações na unidade de paisagem área vegetada, que no ano de 1976 correspondia a 23,01 km² (34,72%), no ano de 2010 a 14,25 km² (21,50%) em 2010 e cerca de 11,75 km² (17,73%) em 2015, tais mudanças podem está atrelada ao crescimento urbano do município e ao soterramento pelo transporte de sedimentos arenosos provenientes do campo de dunas na Ilha de Curupu. Dessa forma, destaca-se que a intervenção antrópica nas unidades de paisagem ocorreu ao longo dos anos analisados através da urbanização desenfreada que reflete a emancipação para fins políticos, sem o devido planejamento urbano do município de Raposa.

Por outro lado, destaca-se que a aplicação de técnicas de geoprocessamento utilizando imagens de diferentes épocas e sensores ópticos, como ferramenta para analisar as variações da linha de costa, tornou-se indispensável para o monitorando do ecossistema de manguezal, apicuns e da linha de costa. Cabe destacar que, a diferença nas resoluções das imagens pode causar alguns erros de interpretação, o que não compromete a pesquisa, haja vista que os procedimentos necessários foram tomados para minimizar, por exemplo, os deslocamentos cartográficos.

O recorte espaço-temporal escolhido permitiu realizar a análise da dinâmica do ecossistema de manguezal verificando tendências de acréscimo, perdas e estabilidade. No período que corresponde a 1976 -2010, a estabilidade foi em torno de 27,48 km² o que equivale a cerca de 79, 2%, obtendo um decréscimo de 5,04 km² equivalendo a 14,5 % e um acréscimo sutil de 2,18 km² ou seja, 6,3%. Com relação ao período de 1976 -2015 o ecossistema de manguezal manteve uma estabilidade em torno de 25,46 km² (79,3%), obteve um decréscimo de 5,06 km² (14,7%) e um acréscimo para 2,13 km² (6,2%). Por fim, no período de 2010-2015, o ecossistema de manguezal manteve uma área estável de 27,52 km² (97,3%), as perdas corresponderam a 0,7 km², (2,5%) e aumento de apenas 0,08 km² (0,3%). De uma maneira geral, constatou-se uma primeira diminuição da área ocupada pela vegetação de mangue entre 1976 a 2010 e uma estabilidade da referida cobertura vegetal entre 2010 a 2015. A comparação em curto espaço de tempo não apresenta grandes variações como na comparação ao longo dos 39 anos evidenciando perdas principalmente na zona de contato depósitos arenosos-manguezal.

Embora o município ainda apresente grandes áreas de manguezal preservadas, algumas áreas tiveram a vegetação suprimida em decorrência do tensor antrópico através do processo de urbanização e ocupação desordenada do município. Acredita-se que a pouca variação das áreas de manguezal na Ilha de Curupu, possa estar associado à baixa densidade populacional. Atrelado a isto, atribui-se a dinâmica natural a responsabilidade pelas alterações neste ecossistema.

Durante o período analisado não houve variações da feição apicum, permanecendo sua forma durante os anos analisados, com pequenas mudanças de franja, observados na área mapeada. No período correspondente a 1976-2010 ocorreu uma redução de 0,06 km² (9,83%), um acréscimo de 0,08 km² (13,13%) e uma área estável de 0,47 km². Para o período de 1976-2015 foram quantificadas uma estável de 0,44 km² equivalendo a 73,34%, com perda de 0,07 km² correspondente a cerca de 11,66% e acréscimo de 0,09 km², equivalendo a 15,00%. No que tange ao período de 2010-2015, a área estável quantificada correspondeu a 0,47 km² (94,8%), com perdas de 0,006 km² (1,2%) e acréscimo de 0,02 km² (4,1%), consideradas insignificantes. Diante dessa pequena variação nas áreas de apicuns pode-se inferir que os mesmos se caracterizam comoumafeição como estável.

Após a vetorização da linha de costa utilizando à vegetação nativa que tende a seguir contiguamente a linha máxima de preamar uniformemente, foi possível iniciar as análises quantitativas dos processos de progradação e retrogradação da série histórica da linha de costa. A comparação das diferentes posições da linha de costa do município de Raposa e

posterior identificação das áreas progradacionais e retrogradacionais, em uma escala temporal permitiu identificação da migração de canais de maré e o desenvolvimento e erosão de franjas de manguezais que foram considerados como mudanças costeiras decorrentes da movimentação da linha de costa. A ocorrência dessas áreas relacionou-se à movimentação da linha de costa ou linha de maré alta de sizígia, representada pelo limite dos manguezais, com os cordões arenosos de praias e dunas e canais de maré.

Por tanto, a linha de costa, o ecossistema de manguezal e o ecossistema de apicum foram utilizados como os principais indicadores de dinâmica costeira de longo e curto período. A partir da explanação surge o seguinte questionamento: quais indicadores poderiam ser analisados para identificar mudanças climáticas, e às conseqüentes variações no nível relativo do mar, considerando a dinâmica das áreas as que estão sujeitos?

A partir da análise evolutiva do ecossistema de manguezal como indicador de mudanças morfológicas costeiras pode-se inferir acerca dos fenômenos capazes de alterar suas características. Tais mudanças morfológicas costeiras atuam em várias escalas temporais e espaciais, e podem se apresentar através do crescimento ou diminuição de áreas de manguezais, uma vez que, esses ambientes são extremamente dinâmicos, e estão sob o efeito de condicionantes capazes de causar modificações morfológicas, sendo vulneráveis também as interferências antrópicas.

As análises das unidades de paisagem do município de Raposa como indicadores de mudanças costeiras, mostraram que dos indicadores utilizados para analisar a dinâmica da área de estudo, o ecossistema de apicum se manteve estável durante todo período analisado, enquanto que a linha de costa, tanto a de preamar máxima quanto a linha de vegetação de mangue mostraram-se extremamente sensíveis a quaisquer mudanças a curto e longo prazo, considerando as zonas de contato com elevada dinâmica nas quais estão localizados, se comparado com a região de terra firme onde os apicuns estão situados.

Portanto, considerar a dinâmica do apicum para estudos que contemplem a análise de mudanças ou estabilidade do ambiente costeiro pode ser uma opção extremamente relevante, haja vista que suas condições de ocorrência dependem das condições de salinidade que, por sua vez, estão relacionadas à localização na região de supra-maré, com sua topografia plana, clima tropical, associados às oscilações das marés, conferem a estes ambientes, características propícias à expansão de manguezais mediante uma elevação do nível do mar.

As alterações no nível relativo do mar podem refletir diretamente na amplitude das marés e na topografia, haja vista que o nível do mar é o referencial utilizado na maioria das vezes para se avaliar as variações de topografia de uma determinada área. Nesse sentido, essas

mudanças podem repercutir sobre as áreas de apicuns, especificamente na sua evolução ou involução, constituindo assim um importante indicador de mudanças ambientais locais, regionais ou globais.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Contribuição a geomorfologia do Estado do Maranhão**. Anuário da Faculdade de Filosofia "Sedes Sapientiae" da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, v. 13, p. 66-78, 1955-1956. Republicado em *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 3, n. 5, p. 35-45, abr. 1960.
- ANDERS F.J., BYRNES, M.R. **Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs**. *Shore and Beach*, 59(1): 17-26, 1991.
- AGRAWALA, S.; OTA, T.; RISBEY, J.; HAGENSTAD, M.; SMITH, J; AALST, M. V.; KOSHY, K. e PRASAD, B. **Development and Climate Change In Fiji: Focus on Coastal Mangroves**. COM/ENV/EPOC/DCD/DAC, 56 p. Copyright OECD, 2003.
- BATISTA, E. das M.; SOUZA FILHO, Pedro W. M. e SILVEIRA, O. F. M. da. **Avaliação de áreas deposicionais e erosivas em cabos lamosos da zona costeira amazônica através da análise multitemporal de imagens de sensores remotos**. *Revista Brasileira de Geofísica* 27 (Supl. 1): 83-96, 2009.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. n.13. São Paulo, 1971. 27p.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global- esboço metodológico**. Cadernos de Ciências da Terra. vol. 13, IG-USP, 1968, 1-36.
- BERGER, A. R. **The geoinicator concept and its application: an introduction**. In: R.B. Antony & J.I William J. Iams (ed.). *Geoindicators: assessing rapid environmental changes en earth systems*. Rotterdam, A. A. Balkema. p. 1-14, 1996.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global - esboço metodológico. *Ra'e Ga*, n.8, p.144-152, 2004.
- BOLÒS i C., M. de. **Problemática actual de los estudios de paisaje integrado**. *Revista de geografia*, [en línea], 1981, Vol. 15, Núm. 1, p. 45-68, <https://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/view/45940> [Consulta: 23-05-2016].
- BRAGA, R. da C. **Análise da instabilidade física da zona costeira de Salvaterra e Soure, Ilha De Marajó-PA**: Subsídios ao Uso e Ocupação. UFPA. (Dissertação de Mestrado). Belém: 87 p. 2009.
- CALLIARI, L. J; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G. e TOLDO JR, E. **Morfodinâmica praias: uma breve revisão**. *Revista Brasileira de Oceanografia*, vol.51, 51:63-78, 2003.
- CAVALCANTI, a. p. b. **Análise integrada das unidades paisagísticas na planície deltaica do rio parnaíba– Piauí/Maranhão**. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 03, número 06, 2008.
- CONTI, L. A e RODRIGUES. Marcelo. **Varição da Linha de Costa na Região da Ilha dos Guarás – PA Através de Análise de Série Temporal de Imagens de Satélites**. *Revista Brasileira de Geografia Física* 05 (2011) 922-937.

EWEL, K.C., ZHENG, S., PINZÓN, Z.S., BOURGEOIS, J.A. **Environmental Effectsof Canopy Gap Formation in High-Rainfall Mangrove Forests**. *Biotropica*, v.30, n.4, p.510-518, 1998a.

EWEL, K.C., TWILLEY, R.R., ONG, J.E. **Different kinds of mangrove forest provide different goods and services**. *Global Ecology and Biogeography Letters*, v.7, p.83- 94, 1998b.

EL-ROBRINI, M.; MARQUES JUNÍOR, V.; SILVA, M. A; MORENO, A. da; EL-ROBRINI, M. H. S; FEITOSA, A. C.; TAROUÇO, J. E. F; SANTOS, J. H. S. dos e VIANA, J. R. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro: Maranhão**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2006. p. 87-130. Disponível em https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/ma_erosao.pdf . Acesso em: 15 jan. 2018.

FEITOSA, A. C. **Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão**. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: IGCE-UNESP, 1989.

FEITOSA, A. C. **Dinâmica dos processos Geomorfológicos nas áreas costeiras do Nordeste do Maranhão**. Tese. Rio Claro; UNESP, 1996.

FEITOSA, A. C. **Relevo do Estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, Goiânia, Brasil, 2006.

FORBES D.L. e Liverman D.G.E. 1996. **Geological indicators in the coastal zone**. In: A.R. Berger & W.J. Iams (ed.). *Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth systems*. Rotterdam: A.A.Balkema, p. 175-192.

FRANÇA, C. F.. **Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA)**. Tese de Doutorado. Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA, 2003, 144p.

GI-GERCO: Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro. Plano de Ação Federal da Zona Costeira do Brasil. Brasília, 2005.

GILMAN, E.L. et al. **Adapting to Pacific Island mangrove responses to sea level rise and climate change**, *Climate Research*, 32, (3) p. 161-176, 2006. ISSN 0936-577X.

GILMAN, E.L. et al. **Threats to mangroves from climate change and adaptation options**, *Aquat. Bot.*, 89, p. 237-250,doi:10.1016/j.aquabot.2007.12.00, 2008.

GONÇALVES, R. A.; LEHUGEUR, L. G. de O.; CASTRO, J. W. de A.; PEDROTO, Â. E. S. **Classificação das Feições Eólicas dos Lençóis Maranhenses - Maranhão – Brasil**. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 02, número 03, 2003.

GONÇALVES, R. A.; SANTOS, J.H.S.; CASTRO, J.W.C. de.; SANTOS, N. F. B. dos. **O papel da dinâmica costeira no controle dos campos de dunas eólicas do setor leste da planície costeira do Maranhão-BR-Lençóis Maranhenses**. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 10., 2005, Guarapari. *Anais Eletrônicos...*, Guarapari: ABEQUA, 2005. 1 CD. 5 p.

HESP, Patrick. **A gênese de cristas de praias e dunas frontais**. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 01, número 02, 2002.

HADLICH, G. M.; UCHA, J. M. **Apicuns e manguezais - Baía de Todos os Santos - 2007**. Salvador: NEA/ IGEO/UFBA, 2008. Escala 1:100.000.

HADLICH, G.M.; Ucha, J. M. **Apicuns: Aspectos Gerais, evolução recente e mudanças climáticas globais**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. V. 10, nº2 (2009).

HIMMELSTOSS, E.A. 2009. **“DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide”**. In: THIELER, E.R., HIMMELSTOSS, E.A., ZICHICHI, J.L., AND ERGUL, AYHAN. Digital

Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey, 2009. *updated for version 4.3.

Disponível:<http://woodshole.er.usgs.gov/Projectpages/DSAS/version4/images/pdf/DSASv4.pdf> >. Acesso em: 16 ago. 2014.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

Diagnóstico da Carcinicultura no Estado do Ceará. Fortaleza, 2005. 177p.

Intergovernmental Panel On Climate Change – IPCC. Climate Change 2014: synthesis report. Geneva, Switzerland, 2014.

KOMAR, P. D. **Beach processes and sedimentation.** Prentice-Hall, New Jersey. 1998. 417p.

LIMA, Cibele Oliveira.; OLIVEIRA, Regina Célia de. Análise Ambiental de ocupação nas áreas de manguezal no município de Santos – SP. Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL, Costa Rica. II Semestre, 2011 pp. 1-13.

MUEHE, D. **Geomorfologia costeira: exercícios, técnicas e aplicações.** In: CUNHA, S.B; GUERRA, A.J.T. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996p: 191-238.

MUEHE, D. **O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação.** In: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T.(Org). Geomorfologia do Brasil. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1998.

MUEHE, D. **Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites de orla costeira para fins de gerenciamento.** Revista Brasileira de Geomorfologia. Volume 2, nº 1 p. 35-44, 2001.

MUEHE, D. **Aspectos Gerais da Erosão Costeira no Brasil.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 04, número 07, 2005.

MUEHE, D. **Erosão e Progradação no litoral brasileiro.** Brasília, MMA, 2006.

MUEHE, D.; CALLIARI, L. J. ; GEMAEL, F. H.; TOLDO JR, E. **Morfodinâmica praias: uma breve revisão.** Revisão Rev. Brasileira de Oceanografia. 51(único): 63-78. 2003.

MACEDO, R. J. A. de. **Caracterização morfodinâmica e geoambiental da praia de Maracápe, Ipojuca – PE.** Dissertação de Mestrado, 2011.

NASCIMENTO, S. A. **Estudo da importância do apicum para o ecossistema manguezal.** Documento Técnico – Aracaju: ADEMA, 1999. 21f.

NEVES C.F., MUEHE D. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. Parcerias Estratégicas.** Brasília, 2008.

ODUM, H. T., CAMPBELL, D. El. **Valor Ecológico y Ambiental de los Manglares: El Método e Mergetic.** Santiago, Chile: FARO: Revista para La Administracion de Zonas Costerasen America Latina, 1999.

RABELO, F. M. **Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão.** Coord. (a). Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), CD-ROOM. 2003.

SANTOS, J. H. S dos. **Introdução ao estudo geomorfológico e sedimentológico da praia da Ponta D'Areia-São Luís/MA.** São Luís, 1989. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 1989.

SANTOS, J.H.S. dos. **Análise por geoprocessamento da ocupação na franja costeira ao Norte da Cidade de São Luís – MA.** 149 f.1996. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

SANTOS, J. H. S. dos. **Determinação da taxa de migração das dunas no setor sudeste do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses- MA por geoprocessamento.** In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA: Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas, 2006, Goiânia. Anais... Goiânia: SINAGEO, 2006.

- SANTOS, J.H.S. dos. **Lençóis Maranhenses atuais e pretéritos: um tratamentoespacial**. 2008. 248 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- SANTOS, J. H. S.; SANTOS, N. F. B. **The Lençóis Maranhenses: A Paradise of Dunes and Ponds**. In: Vieira, B. C., Salgado, A. A. R and Santos, L. J. C.(Org.). *Landscapes and Landforms of Brazil*. 1ed. New York: Springer, 2015, v. 1, p. 79-90.
- SANTOS, Márcio Costa Fernandes Vaz dos. **Apicuns, salgados e manguezais e a ideologização do debate sobre a carcinicultura marinha brasileira**. Artigo Publicado na Revista da ABCC, Edição nº 4, ano 7, dez 2005.
- SAVI, D. C. **Erosão e acreção costeira na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ**. Revista Brasileira de Geofísica. v.25, n. 1, p.91-99. 2007.
- SILVA, Quésia Duarte da. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. 248 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/101458>>. Acesso em 2 de set. 2018.
- SOTCHAVA, V. B. **Definition de quelque notions et termes de géographie physique**. Institute de Geographie de La Sibirie et Extrem Orient. 3: 94-177, 1962.
- SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas. Métodos em Questão**. São Paulo. n. 16, p. 1-52, 1977. SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1978.
- SOUZA FILHO P.W.M. **Avaliação e aplicação de sensores remotos no estudo de ambientes costeiros tropicais úmidos, Bragança, norte do Brasil**. Tese de Doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 236 p.2000b.
- SOUZA FILHO PWM e PARADELLA WR. 2001. **Estudo da geomorfologia de ambientes costeiros tropicais úmidos a partir de imagens de sensores remotos**. Revista Pesquisas em Geociências, 28(2): 359–368.
- SOUZA FILHO PWM. **Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia: Cenários Morfológicos, Mapeamento e Quantificação de áreas usando Dados de Sensores Remotos**. Revista Brasileira de Geofísica, 23(4): 427-435, 2005.
- SOUZA, C. R. de G e LUNA, G. da C. **Varição da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (Litoral Norte de São Paulo, Brasil)**. Revista da Gestão Costeira Integrada 10 (2): 179-199 (2010).
- SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Métodos em Questão. USP. 16, 1977.
- SUGUIO, K.. **Dicionário de geologia marinha**. São Paulo: Queiroz, 1992.
- SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
- SMITH, M.J & CROMLEY. R.G. **Measuring Historical Coastal Change using GIS and the Change Polygon Approach**. Transactions in, 16(1): 3-15, 2012.
- SCHMIDT, A. J.; BEMVENUTI, C. E.; DIELE, K. **Sobre a definição da zona de apicum e sua importância ecológica para populações de caranguejo-uçá *ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763)**. Bol. Téc. Cient. CEPENE, Tamandaré - PE - v. 19, n. 1, p. 9-25, 2013.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. Caribbean Ecological Research. São Paulo: USP. 1995. 64 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Grupo de ecossistemas: Manguezal, Marisma e Apicum**. p. 119. 1999.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M.L. & De-Rosa, M.M.P.T.— Brazilian mangroves. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3(4): 561-570. 2000. (doi:10.1016/S1463- 4988(00)00052-X).

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., Cintrón, G., Cunha-Lignon, M. & Coelho-Jr., C. **A conceptual hierarchical framework for marine coastal management and conservation: a Janus-like approach.** *Journal of Coastal Research, Special Issue* 42:1-7, 2005.

SCHWEITZER, Alexandre. **Monitoramento da linha de costa: uma análise de métodos e indicadores aplicados em investigações na escala de eventos.** Universidade de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Dissertação (mestrado), Florianópolis, 2013.

TESSLER MG, G. SC. **Processos costeiros condicionantes do Litoral Brasileiro.** *Revista do Departamento de Geografia* 17:11-23. 2005.

TROPPMAIR, H.; GALINA, M. H. **Geossistemas.** *Mercator*, v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

VEIGA JUNIOR, J. P. **Programa levantamento geológico básico do Brasil. São Luís NE/SE, folhas SA23-X e SA 23-Z Estados do Maranhão e Piauí.** Escala 1:500.000, Brasília: CPRM, 2000, 1CD ROM.

UCHA, J. M.; HADLICH, G. M. **Características e formação de apicuns na Baía de Todos os Santos, BA.** *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology*, 2006.

UCHA, J. M.; HADLICH, G. M.; CELINO, J. J. **Apicum: transição entre solos de encostas e manguezais.** *Educação, Tecnologia e Cultura*, v. 5, p. 58-63, 2008.