



Embrapa

Amazônia Oriental

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA

AMANDA GAMA ROSA

**DINÂMICA DA OCUPAÇÃO DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA NA
SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO EM SALINÓPOLIS – PA, BRASIL**

BELÉM

2022

AMANDA GAMA ROSA

**DINÂMICA DA OCUPAÇÃO DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA NA
SUSCETIBILIDADE À EROSÃO EM SALINÓPOLIS – PA, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para defesa de Doutorado em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Marlison Leão de Sousa.

Coorientadora: Profa. Dra. Milena Marília Nogueira de Andrade

BELÉM

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

R788d Rosa, Amanda Gama.
Dinâmica da ocupação da terra e sua influência na suscetibilidade
à erosão em Salinópolis - PA, Brasil. / AmandaGama Rosa. — 2022.
169 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Adriano Marlison Leão de Sousa
Coorientação: Prof^a. Dra. Milena Marília Nogueira de AndradeTese
(Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,
Belém, 2022.

1. Ocupação urbana. 2. Processos Erosivos. 3. Gestão
territorial. I. Título.

CDD 333.707

AMANDA GAMA ROSA

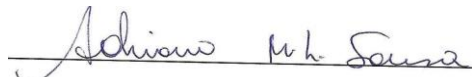
**DINÂMICA DA OCUPAÇÃO DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA NA
SUSCETIBILIDADE À EROSÃO EM SALINÓPOLIS – PA, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para defesa de Doutorado em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Data da avaliação: 31/03/2022

Conceito: APROVADA.



Prof. Dr. Adriano Marlison Leão de Sousa
(UFPA/UFRA – Orientador)



Profa. Dra. Milena Marília Nogueira de Andrade
(UFPA/UFRA – Coorientadora)



Profa. Dra. Aline M. Meiguins Lima
(UFPA – Membro)



Prof. Dr. João Santos Nahum – Membro
(UFPA – Membro)



Prof. Dr. Igor da Silva Narvaes
(INPE – Membro)



Dr. Adrielson Furtado Almeida – Membro
(FAPAN/FAPEN – Membro)

RESUMO

A configuração socioespacial de uma região é definida pelos interesses dos indivíduos na busca por espaço e exploração dos recursos, sendo determinantes na dinâmica e padrões de ocupação estabelecidos. A ocupação, quando associada à deficiência de planejamento, ocorre de forma desordenada, gerando impactos tanto ao ambiente quanto à população e economia. Em zonas costeiras, como no município de Salinópolis-PA, esses impactos ganham grande proporção, a exemplo dos processos erosivos, visto a fragilidade desses ambientes. Diante desse contexto, esse estudo objetiva avaliar a dinâmica de ocupação do solo no município de Salinópolis, a partir do estudo da cobertura da terra e dos fatores influentes, e aplicá-los para avaliar a suscetibilidade à erosão na costa da ilha do Atalaia. Para isso, buscou-se: a) analisar o padrão espaço-temporal da ocupação da terra para os anos de 2010, 2014 e 2018, nas áreas da orla marítima e urbana de Salinópolis; b) identificar os fatores que influenciam a dinâmica de ocupação no município, usando o modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR); e, por fim, c) analisar a suscetibilidade de processos erosivos da orla marítima da Ilha do Atalaia com base em análise espacial da ocupação da terra, topografia e de geoindicadores, a fim de gerar o mapeamento da suscetibilidade. A análise espacial apresentou qualidade de classificação excelente, com índices de Exatidão Global de 0,86 e Kappa de 0,83, e evidenciou reduções de áreas de vegetação densa, não densa e de dunas, e um aumento da área urbanizada principalmente na Ilha do Atalaia e em direção ao continente. As áreas de corpo d'água e faixa de praia apresentaram dinâmica marcada por fatores costeiros. Os principais fatores que influenciaram os padrões de ocupação observados foram: distância ao mar; distância às rodovias PA-444 e PA-124; densidade de malha viária; distância às áreas de maior especulação imobiliária; grau de implantação de empreendimentos; distância às manchas urbanas consolidadas; distância às áreas de menor especulação imobiliária; e distância ao centro comercial. A área de estudo foi classificada em Baixa, Média e Alta Suscetibilidade à erosão costeira. Os resultados indicaram uma alta suscetibilidade à erosão na região central da ilha, envolvendo parte das praias do Atalaia e Farol Velho, onde há intensa urbanização sobre a linha de costa combinada a declividades superiores à 15%, com evidências de erosões ativas. A classe de baixa suscetibilidade foi predominante no leste da ilha, em áreas declividade baixa, abaixo de 5% em sua maioria, e com campos de dunas desenvolvidos e estáveis. As áreas de média suscetibilidade se distribuíram na transição entre as classes baixa e alta, apresentando características intermediárias de declividade e ocupação, com presença de dunas parcialmente alteradas e descontínuas. Além disso, foi possível indicar áreas com potencial risco de aumento de

suscetibilidade à erosão, em setores de alta declividade onde a urbanização está próxima. Os resultados deste estudo permitem que o setor privado e a população em geral, tenham mais uma ferramenta para a gestão territorial e ambiental, permitindo a tomada de decisão, o que poderá atenuar ou evitar os impactos que ocorrem hoje na costa do município de Salinópolis.

Palavras-chave: ocupação urbana; processos erosivos; gestão territorial.

ABSTRACT

The socio-spatial configuration of a region is defined by the interests of individuals in the search for space and exploitation of resources, being determinants in the dynamics and established occupation patterns. Occupation, when associated with planning deficiency, occurs in a disorderly manner, generating impacts both on the environment, on the population and on the economy. In coastal areas, as in the municipality of Salinópolis-PA, these impacts gain a large proportion, like erosion processes, given the fragility of these environments. In the face of this context, this study aims to evaluate the dynamics of land occupation in the municipality of Salinópolis, based on the study of land cover and influential factors, and apply them to assess the susceptibility to erosion on the coast of Atalaia Island. For this, we sought to: a) analyze the spatio-temporal pattern of land occupation for the years 2010, 2014 and 2018, in the coastal and urban areas of Salinópolis; b) identify the factors that influence the dynamics of occupation in the municipality, using the Pressure-State-Impact-Response (PEIR) model; and, finally, c) analyze the susceptibility of erosive processes on the coastline of Atalaia Island based on spatial analysis of land occupation, topography and geoindicators, in order to generate susceptibility mapping. The spatial analysis showed excellent classification quality, with Global Accuracy index of 0.86 and Kappa index of 0.83, showing reductions in areas of dense, non-dense vegetation and dunes, and an increase in the urbanized area, mainly on Atalaia Island and towards the continent. The areas of water and beach strip showed dynamics marked by coastal factors. The main factors that influenced the observed occupancy patterns were: distance to the sea; distance to the PA-444 and PA-124 highways; road mesh density; distance to areas of greater real estate speculation; degree of implementation of projects; distance to consolidated urban patches; distance to areas of less real estate speculation; and distance to the center. The study area was classified as Low, Medium and High Susceptibility to coastal erosion. The results indicated a high susceptibility to erosion in the central region of the island, involving part of the Atalaia and Farol Velho beaches, where there is intense urbanization on the coastline combined with slopes greater than 15%, with evidence of active erosion. The low susceptibility class was predominant in the east of the island, in low slope areas, mostly below 5%, and with developed and stable dune fields. The areas of medium susceptibility were distributed in the transition between the low and high classes, presenting intermediate characteristics of slope and occupation, with the presence of partially altered and discontinuous dunes. In addition, it was possible to indicate areas with potential risk of increased susceptibility to erosion, in high-slope sectors where urbanization is close. The results of this study allow the private sector and the

population in general to have one more tool for territorial and environmental management, allowing decision-making, which can mitigate or avoid the impacts that occur today on the coast of the municipality of Salinópolis.

Keywords: urban occupation; erosive processes; territorial management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1		
Figura 1 -	Localização da área de estudo.....	30
Capítulo 2		
Quadro 1 -	Informações das imagens SPOT-5, RapidEye e PlanetScope, extraídas de Gleyzes <i>et al.</i> (2003), RapidEye (2016) e Planet (2019), respectivamente.	40
Figura 1 -	Fluxograma das etapas metodológicas	41
Quadro 2 -	Parâmetros utilizados nas segmentações das imagens dos anos de 2010, 2014 e 2018.....	45
Figura 2 -	Recortes de imagens SPOT (2010), RapidEye (2014) e PlanetScope (2018), com arquivos vetoriais de suas respectivas segmentações.....	45
Quadro 3 -	Classes de ocupação da terra e sua representação na imagem e em campo.....	48
Figura 3 -	Distribuição dos pontos amostrais na área de estudo.....	49
Quadro 4 -	Índice Kappa e o correspondente desempenho da classificação...	50
Figura 4 -	Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) para os anos de 2010, 2014 e 2018.....	51
Figura 5 -	Classificação de ocupação da terra para o ano de 2010, 2014 e 2018.....	53
Capítulo 3		
Figura 1 -	Setores de aplicação dos questionários no município de Salinópolis.....	74
Figura 2 -	Classificação de ocupação da terra em Salinópolis nos anos de 2010, 2014 e 2018.....	82
Quadro 1 -	Blocos temáticos para apresentação e análise dos resultados dos questionários.....	82
Quadro 2 -	Momentos históricos da ocupação humana no município de Salinópolis.....	83
Figura 3 -	Bairro/região de moradia da população residente entrevistada.....	86
Figura 4 -	Bairro/região percebido como de preferência de ocupação por todos os entrevistados.....	87
Figura 5 -	Principais mudanças observadas no ambiente de Salinópolis.....	88
Quadro 3 -	Demonstração qualitativa dos resultados da aplicação de questionários aos funcionários na Prefeitura Municipal de Salinópolis-PA.....	88
Quadro 4 -	Demonstração qualitativa dos resultados da aplicação de questionário à titular do Cartório do Único Ofício de Salinópolis.	94
Figura 6 -	Exemplos do estado atual do ambiente em Salinópolis/PA. A) Duplicação da PA-444 e avanço sobre áreas de manguezais; B) Ocupação sobre a linha de costa – Ilha do Atalaia; C) Regiões “mortas” – Orla do Maçarico; D) Centro comercial.....	96
Quadro 5 -	Variáveis explicativas da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis (PA).....	97
Figura 7 -	Aplicação do modelo PEIR na análise de ocupação da área de estudo.....	97
Capítulo 4		
Figura 1 -	Localização da área de estudo – Orla Marítima da Ilha do Atalaia, Salinópolis-PA	107

Figura 2 -	Exemplo de área de avanço da erosão costeira levando à perda de moradias na praia do Farol Velho.....	108
Quadro 1 -	Análise do geoindicador taxa de erosão.....	111
Figura 3 -	Medição da largura da praia seca na ilha do Atalaia.....	112
Figura 4 -	Suscetibilidade à erosão pela análise de geoindicadores em campo.	118
Figura 5 -	Área localizada na Praia do Farol Velho com características de erosão severa. A) Presença de estruturas de contenção; e B) Escarpamento da praia evidente e evidências de ocupações anteriores.....	119
Figura 6 -	Área de dunas com presença de escarpas, localizada na Praia do Atalaia.....	119
Figura 7 -	Área de dunas localizada na Praia do Atalaia. A) Área com presença de dunas altas e contínuas; e B) Duna pouco alterada, com presença de pequenas interrupções de vias de acesso e instalação de estruturas para distribuição de energia elétrica.....	120
Figura 8 -	Declividade da orla marítima da Ilha do Atalaia.....	121
Figura 9 -	Suscetibilidade à erosão pela análise da declividade.....	121
Figura 10 -	Classificação da ocupação da terra na orla marítima da Ilha do Atalaia.....	122
Figura 11 -	Ocupação urbana localizada sobre a linha de costa da Ilha do Atalaia – Ano 2019.....	122
Figura 12 -	Áreas de reduzida ocupação urbana na Ilha do Atalaia. A) Campos de dunas e vegetação nativa estabelecida localizada ao leste. B) Área de vegetação densa de mangue localizada ao oeste.....	123
Figura 13 -	Suscetibilidade à erosão pela análise da ocupação da terra.....	124
Figura 14 -	Suscetibilidade à erosão final para a orla marítima da Ilha do Atalaia.....	125
Figura 15 -	Suscetibilidade à erosão final na Unidade de Conservação Monumento Natural do Atalaia.....	125
Figura 16 -	Setor crítico de alta suscetibilidade à erosão na Ilha do Atalaia.....	126
Figura 17 -	Análise espaço-temporal das áreas das classes de suscetibilidade à erosão na área de estudo (2010, 2014 e 2018).....	128

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1 -	Variação da área das classes de ocupação da terra entre os anos de 2010, 2014 e 2018.....	54
Tabela 2 -	Matriz de Detecção de Mudança entre os anos de 2010 e 2014.	54
Tabela 3 -	Matriz de Detecção de Mudança entre os anos de 2014 e 2018.	55
Tabela 4 -	Matriz de Confusão para a classificação de ocupação da terra para o ano de 2018.....	56

Capítulo 3

Tabela 1 -	Demonstração quantitativa do resultado da aplicação de questionário à população residente de Salinópolis.....	60
------------	---	----

Capítulo 4

Tabela 1 -	Geoindicadores de suscetibilidade.....	110
Tabela 2 -	Pontuação do potencial de suscetibilidade erosiva costeira das classes de ocupação da terra.....	113
Tabela 3 -	Pontuação do potencial de suscetibilidade erosiva costeira das classes de declividade.....	114
Tabela 4 -	Matriz para a determinação da Suscetibilidade à Erosão Costeira.	116
Tabela 5 -	Pesos estipulados para os indicadores	116
Tabela 6 -	Variação da área das classes de suscetibilidade à erosão entre os anos de 2010, 2014 e 2018.	127

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.1	Referencial Teórico.....	16
1.1.1	Uso e Cobertura da Terra.....	16
1.1.2	Dinâmica de Ocupação Costeira.....	18
1.1.3	Dinâmica de Ocupação em Salinópolis/PA.....	20
1.1.4	O Sistema de Informação Geográfica (SIG) e a Análise Espacial	23
1.1.5	Processos Erosivos e sua Suscetibilidade.....	25
1.1.6	Erosão Costeira.....	26
1.2	Justificativa e interdisciplinaridade da pesquisa.....	28
1.3	Área de Estudo.....	29
1.3.1	Aspectos Socioeconômicos	31
1.3.2	Aspectos Geológicos e Geomorfológicos	32
1.3.3	Aspectos Climáticos	32
1.3.4	Aspectos Oceanográficos	33
1.4	Objetivos.....	34
1.4.1	Objetivo Geral	34
1.4.2	Objetivos Específicos	34
1.5	Estrutura da tese.....	35
2	ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA OCUPAÇÃO DA TERRA NA COSTA DE SALINÓPOLIS (PA) ATRAVÉS DO MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO GEOGRAPHIC OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS (GEOBIA).....	36
	Resumo	36
	Abstract	37
2.1	Introdução	37
2.2	Material e Métodos.....	39
2.2.1	Área de estudo	39

2.2.2	Dados	39
2.2.3	Análise dos dados	41
2.2.3.1	Definição das classes.....	42
2.2.3.2	Pré-processamento das imagens.....	42
2.2.3.3	Cálculo do índice de vegetação e união às bandas da imagem.....	42
2.2.3.4	Segmentação.....	43
2.2.3.5	Classificação.....	46
2.2.3.6	Validação da classificação.....	47
2.3	Resultados	51
2.3.1	SAVI.....	51
2.3.2	Classificação GEOBIA.....	52
2.3.3	Validação da Classificação	56
2.4	Discussão	57
2.5	Conclusão	63
	Agradecimentos.....	64
	Referências.....	64
3	AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DA TERRA EM SALINÓPOLIS/PA COM BASE NO MODELO PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA (PEIR).....	70
	Resumo	70
	Abstract	70
3.1	Introdução	71
3.2	Material e Métodos.....	72
3.2.1	Área de estudo	72
3.2.2	Dados	73
3.2.3	Análise dos dados	75

3.2.3.1	Estudo bibliográfico.....	75
3.2.3.2	Análise espaço-temporal.....	75
3.2.3.3	Análise das entrevistas.....	76
3.2.3.4	Análise Geral – Modelo PEIR.....	78
3.3	Resultados e Discussão	79
3.3.1	Estudo bibliográfico	79
3.3.2	Análise espaço-temporal dos últimos 10 anos.....	81
3.3.3	Análise dos questionários aplicados	82
3.3.4	Análise do modelo PEIR e a identificação de variáveis explicativas.....	94
3.4	Conclusão	98
	Agradecimentos	99
	Referências	99
4	ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NA ILHA DO ATALAIA BASEADA NA MUDANÇA DE OCUPAÇÃO DA TERRA.....	103
	Resumo	103
	Abstract	103
4.1	Introdução	104
4.2	Material e Métodos.....	106
4.2.1	Área de estudo	106
4.2.2	Dados	108
4.2.3	Análise dos dados	112
4.2.3.1	Análise Espacial – Ocupação da terra na orla marítima.....	113
4.2.3.2	Análise Topográfica - Modelo Digital de Elevação (MDE).....	114
4.2.3.3	Análise dos geoindicadores.....	115
4.2.3.4	Avaliação Multicritério - Álgebra de mapas.....	115
4.2.3.5	Análise espaço-temporal da suscetibilidade à erosão.....	117

4.3	Resultados	118
4.3.1	Geoindicadores	118
4.3.2	Declividade	120
4.3.3	Ocupação da Terra.....	122
4.3.4	Suscetibilidade à Erosão Final.....	124
4.3.5	Análise Espaço-temporal da Suscetibilidade à Erosão.....	127
4.4	Discussão	129
4.5	Conclusão	131
	Agradecimentos	133
	Referências	133
5	CONCLUSÃO GERAL.....	136
5.1	Resultados Chaves: Impactos e Implicações.....	136
5.2	Conclusões de forma integrada	137
5.3	Prioridade para Pesquisas Futuras.....	138
5.4	Considerações Finais	139
	REFERÊNCIAS	140
	APÊNDICES.....	155
	APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO DA TERRA.....	155
	APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS.....	158
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIOS.....	160
	APÊNDICE D – FICHA DE CAMPO (GEOINDICADORES).....	164
	APÊNDICE E – CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DOS GEOINDICADORES.....	166

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

No processo de urbanização e de ocupação do território, a busca por espaço e a exploração dos recursos, destacam-se como elementos determinantes para se estabelecer padrões de uso e ocupação da terra. Estes padrões decorrem de decisões de atores e são influenciados por fatores biofísicos, socioeconômicos e políticos que interagem no espaço e no tempo (COHENCA, 2016).

O espaço e o tempo são elementos fundamentais para compreender a mudança dos fenômenos, inclusive quando se trata de cobertura da terra, assim analisar as causas e consequências das mudanças dessa cobertura é fundamental para a compreensão da trajetória atual de ocupação humana, permitindo aplicações em diversos estudos, como de espacialização de desastres naturais, projeção de cenários futuros de ocupação, entre outros (VERBURG, 2014; COHENCA, 2016; CUNHA *et al.*, 2018).

O comportamento do uso da terra nos padrões atuais pode ocasionar impactos ambientais, especialmente associados a desastres naturais, visto a periferação da sociedade e a ocupação progressiva de áreas impróprias devido a interesses econômicos, principalmente quando se trata de região costeira, visto representar ambientes naturais de grande atratividade, no entanto frágeis e sensíveis aos processos naturais da costa e à ocupação humana (RUDORFF; BONETTI, 2010).

Dentre estes desastres tem-se a erosão costeira, que consiste em um processo de recuo da linha de costa, ocasionado por fatores naturais (oceanográficos, climáticos, fisiográficos e geomorfológicos), que, no entanto, podem ser intensificados devido a ocupação humana associada à deficiência de planejamento territorial (SILVA; MACHADO, 2014).

Essa situação é evidenciada há alguns anos no município de Salinópolis – PA e vem se intensificando, principalmente devido a ocupação desordenada da costa, levando danos às estruturas e populações localizadas próximas e sobre à linha de costa (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

Esses impactos vem afetando o meio natural e urbano em escala local, regional e global, e trazendo desafios para o planejamento ambiental e territorial (XAVIER; SILVA, 2018). Assim, o estudo desses ambientes é fundamental para a eficiência na gestão territorial, subsidiando as tomadas de decisões, visto que a representação espacial da realidade de um determinado ambiente com os seus pontos positivos e fragilidades permite um planejamento prévio, de modo a atenuar possíveis impactos (MACEDO *et al.*, 2013).

Unido a isto, a fim de avaliar a erosão costeira em função dos fatores físicos que a influenciam, surge o estudo da suscetibilidade baseada em análise de multicritério, uma ferramenta aplicada para o diagnóstico de ambientes quanto à probabilidade de desencadear esses eventos, cujo principal produto é o mapeamento das áreas quanto ao grau de suscetibilidade à erosão (MULER; BONETTI, 2014).

Diante desse contexto, este estudo objetiva analisar a dinâmica de ocupação da terra na área urbana e orla marítima de Salinópolis, com base no mapeamento espaço-temporal da cobertura da terra e na identificação dos fatores que influenciam essa dinâmica, e aplicá-los para avaliar a suscetibilidade à erosão na costa da ilha do Atalaia, região crítica quanto às ocorrências de eventos severos de erosão costeira resultante de urbanização próxima e sobre a linha de costa.

A partir disto, serão geradas informações sobre a distribuição da ocupação do espaço urbano sobre as áreas suscetíveis a processos erosivos, na busca de relacioná-los, indicando, assim, áreas que atualmente têm sofrido com baixa, média e alta suscetibilidade de erosão costeira intensificada pela ocupação urbana e possíveis áreas que pode vir a se tornar de risco em caso de ocupação irregular da costa no futuro. O que espera-se observar nessas áreas é a alta influência espacial da expansão urbana na geração de condições de alta e média suscetibilidade à erosão em regiões que, originalmente, teriam baixo risco a esses fenômenos na ausência da urbanização. Essas informações serão de grande utilidade pública, permitindo que os tomadores de decisão possam planejar melhor a ocupação territorial, a fim de, principalmente, minimizar desastres naturais.

1.1 Referencial Teórico

1.1.1 Uso e Cobertura da Terra

O uso e a cobertura da terra apresentam conceitos muito próximos, que, por vezes, são usados indistintamente (LEITE; ROSA, 2012). A cobertura da terra, também adotada neste trabalho como ocupação da terra, pode ser entendida como o tipo de cobertura natural ou artificial da superfície terrestre (revestimento), que é o que as imagens de sensoriamento remoto registram (ARAÚJO FILHO; MENESES; SANO, 2007). O uso da terra, por sua vez, refere-se à forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (uso cultural) (ROSA, 2007). As imagens não registram o uso diretamente, sendo definido pelo intérprete, através de informações acerca de reflectâncias, texturas, formas e padrões extraídas da cobertura da superfície (ARAÚJO FILHO; MENESES; SANO, 2007).

A modificação da cobertura da terra é resultado da interação entre elementos naturais do ambiente e suas permanentes alterações condicionadas, na maioria das vezes, pela ação antrópica, decorrente da organização da sociedade de acordo com suas precisões e seus interesses, individuais e coletivos, ao longo do tempo (SEABRA; CRUZ, 2013; VERBURG, 2014). A ocupação do espaço pelo homem, na busca pelo suprimento de suas necessidades é refletida na alteração do estado natural do ambiente, que, caso seja realizada inadequadamente, pode causar sérios problemas ambientais (BINDA, 2008).

Diante disto, a necessidade de identificar e compreender as novas formas de apropriação do espaço e dos aspectos sociais, políticos e econômicos tem se destacado frente aos objetivos atuais de conservação ambiental (LEITE; ROSA, 2012).

A diversidade de uso e cobertura da terra torna importante a busca do entendimento de como essa variação afeta as características originais de uma dada região, para que, dessa forma, seja possível realizar planejamento adequado, constituindo uma importante ferramenta e apoio à orientação e tomada de decisão (ARAUJO FILHO; MENESES; SANO, 2007), tendo em vista que a falta de informações adequadas acerca do crescimento urbano tem trazido dificuldades à gestão pública no desenvolvimento de políticas de controle de expansão desordenada (MORATO *et al.*, 2011; FISCH *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o mapeamento do uso e cobertura da terra e o reconhecimento dos fatores que atuam nos diversos níveis de organização da sociedade são instrumentos que auxiliam a cumprir esta função, através da avaliação da capacidade de suporte de um ambiente e da proposição de alternativas de conservação ambiental e planejamento territorial (SILVA; MACHADO, 2014), função esta que se alinha com a proposta desta tese, ao permitir compreender com base em dados históricos, como a dinâmica de ocupação dentro de um município pode se dar no presente e futuro, baseado em tendências de comportamento da sociedade.

Estudos que realizam análises tanto da cobertura da terra como dos seus diferentes usos e manejos são importantes ferramentas para o reconhecimento da estrutura do espaço geográfico, da organização espacial dos elementos que o compõe, das pressões socioeconômicas ao qual está sujeito, além da compreensão da intensidade das mudanças e o período em que ocorreram (SEABRA; CRUZ, 2013).

1.1.2 Dinâmica de Ocupação Costeira

Quando a ocupação desordenada da terra se dá sobre zonas costeiras problemas ambientais podem ser intensificados, visto que estas são áreas, geralmente, sob grande estresse ambiental, em função da intensa exploração de recursos naturais, apropriação indevida do solo e da influência de agentes oceanográficos, meteorológicos, hidrológicos e antrópicos (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

Segundo a Lei n°. 7661 de 16 de maio de 1988 (que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC), a zona costeira é definida como o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos, e abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre. A faixa marítima é o espaço que se estende por 12 milhas náuticas medidas a partir da linha de costa e faixa terrestre. No Brasil, esta zona se estende por cerca de 8.694 km, abrangendo 395 municípios, distribuídos em 17 estados (BRASIL, 2008).

No estado do Pará, a Zona Costeira foi definida, de acordo com a PEGC/PA (Lei Estadual N° 9.064, de 25 de maio de 2020), como o espaço geográfico constituído por uma faixa marítima, que compõe 12 (doze) milhas marítimas de largura, compondo o mar territorial assim como definido na Lei n°. 7661 de 16 de maio de 1988, e por uma faixa terrestre que envolve os territórios de 47 (quarenta e sete) municípios confrontantes com o mar, que abrangem o sistema insular estuarino da Ilha do Marajó e a Costa Atlântica paraense, abrigando ecossistemas costeiros, estuarinos e insulares.

Dentro das zonas costeiras, encontra-se a faixa de orla marítima, um dos objetos deste estudo, definida como uma unidade delimitada pela faixa de interface entre o continente e o mar. Ela pode ser representada por diversos tipos de ambientes, como falésias, praias arenosas, manguezais, pântanos, entre outros, e é limitada, genericamente, na zona marinha pela isóbata de 10 metros, assinalada em todas cartas náuticas, caracterizada como profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos, e na zona terrestre, por 50 (cinquenta) metros em áreas urbanizadas ou 200 (duzentos) metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas (BRASIL, 2002).

No Brasil, em 1995, a ocupação dessas regiões já apresentava um caráter espontâneo e caótico, sobre o qual já se demandava grandes esforços em ações corretivas e de controle (MORAES, 1995). Essa ocupação, desde então, é marcada por grande pressão populacional, vinda de cerca de 26,6% dos habitantes do país, mais de 50 milhões de pessoas que estão estabelecidas em áreas próximas ao litoral (IBGE, 2011a), que desenvolvem diversos padrões

de ocupação e uso do solo e dos recursos naturais, associados a disputa pelo espaço (CASEMIRO *et al.*, 2018).

No estado do Pará, a ocupação da zona costeira tem se intensificado desde a década de 70, como resultado de três processos de desenvolvimento: a urbanização, associada à expansão metropolitana; a litoralização, turismo e lazer, representados pela crescente concentração de populações e atividades humanas próximas ao litoral, atraídas pelas lógicas de produção material e recreação; e a reestruturação produtiva (BECKER, 2008), que se estabelece em dois vetores de desenvolvimento, sendo eles o vetor técnico-industrial, representado pela monocultura do dendê, a pecuária e a pesca industrial, e o vetor técnico-ecológico, representado pela difusão ideia de conservação ambiental na pesca artesanal e extrativismo (ROCHA; SOARES; MORAES, 2019).

Por estarem inseridas em sistemas transicionais bastante dinâmicos e sensíveis a processos eólicos, biológicos e hidrodinâmicos, resultantes de vetores de processos terrestres, oceânicos e atmosféricos, essas zonas se adequam às flutuações dos níveis de energia locais, respondendo a essas flutuações morfosedimentarmente (GREGÓRIO *et al.*, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2015b).

Além da resposta do ambiente aos efeitos naturais locais, modificações também são observadas a partir da ocupação do espaço por objetos urbanos, como edificações, grandes loteamentos, muros de contenção, estradas, entre outros (ALMEIDA *et al.*, 2015a). Esta ocupação altera o equilíbrio sedimentar natural da costa, pois a estrutura urbana é construída normalmente sobre o pós-praia, zona essencial para o suprimento de sedimentos, causando modificações no posicionamento da linha de costa e, conseqüentemente, eventos de erosão ou progradação (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

O avanço da urbanização desordenada sobre áreas costeiras é uma questão bastante conhecida em todo o mundo, com vários casos de impactos resultantes de erosão costeira, como é o caso do município de Salinópolis, além de degradação e perda de ecossistemas de alta produtividade biológica (MALLMANN; ARAÚJO, 2010; MARINO; FREIRE, 2013; MARINO; FREIRE; HORN FILHO, 2013; MARINO *et al.*, 2016). Isso é acentuado ainda mais por se tratar de regiões que abrigam Áreas de Preservação Permanente (APPs) de importante função ambiental, a exemplo de áreas de restingas¹, quando exercem a função de fixação de

¹ Áreas de restinga consistem em depósitos arenosos paralelos à linha de costa produzidos por sedimentação, que abrigam diferentes comunidades que recebem influência marinha, com cobertura vegetal em mosaico, podendo apresentar estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo. São encontradas em praias, cordões arenosos, dunas e depressões (Lei nº 12.651/2012).

dunas e estabilização de mangues, e os manguezais² em toda a sua extensão (Art. 4º da Lei 12.651/2012).

Assim, uma das grandes discussões atuais concentra-se na tentativa de conciliar o desenvolvimento do turismo com as características naturais dessas áreas e com a melhoria dos serviços básicos à população. Desse modo, uma administração eficaz desses ambientes hoje gera resultados significativos para o futuro da gestão costeira (PORTZ *et al.*, 2010).

O Brasil busca ferramentas de gerenciamento costeiro desde a década de 1970, levando à criação do Programa de Gerenciamento Costeiro (GERCO) em 1987, o qual articulou-se e criou, em 1988, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) através da Lei 7.661/88. Devido aos problemas e limitações para alcançar os objetivos propostos, foi lançado em 1997 a segunda versão do plano, o PNGC II (B. SOBRINHO, 2006).

De acordo como Artigo 5º do PNGC, os estados e municípios podem elaborar seus próprios Planos Estaduais ou Municipais de Gerenciamento Costeiro, definindo seus próprios limites de acordo com suas peculiaridades, desde que considerando as diretrizes do Plano Nacional.

Apesar da necessidade de instituição de um programa de gerenciamento costeiro estadual, definido pelo art. 72º da Lei 5.587/95 (Política Estadual de Meio Ambiente), o estado do Pará implementou a sua Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC/PA) apenas no ano de 2020, através da Lei Estadual N° 9.064, de 25 de maio de 2020. A sua implementação tardia dificultou o planejamento e execução de políticas para a realidade costeira paraense (ALMEIDA, 2017).

Dentre os objetivos da PEGC/PA, têm-se o de garantir o ordenamento do uso e ocupação da Zona Costeira, a fim de otimizar a aplicação dos instrumentos de licenciamento, controle, monitoramento e gestão ambiental, de modo integrado, descentralizado e participativo e escala adequada à gestão, e o objetivo de incentivar a ciência, tecnologia, inovação e extensão universitária, produzindo e difundindo conhecimento de base regionalizada na Zona Costeira paraense, os quais se alinham com a finalidade deste trabalho.

1.1.3 Dinâmica de Ocupação em Salinópolis/PA

² Os manguezais são um tipo de ecossistema litorâneo presente em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, que apresentam, predominantemente, vegetação natural de mangue, com influência fluviomarinha, típicas de regiões estuarinas (Lei n° 12.651/2012).

O município de Salinópolis é um dos mais populosos e frequentados por turistas da Zona Costeira paraense, sendo o desenvolvimento turístico, e as atividades comerciais ligadas à ele, um dos principais fatores que contribuíram para o crescimento urbano costeiro na região (CAVALCANTE, 2001; BRITO, 2004). Em função da consolidação da ocupação humana próxima e, por vezes, sobre a linha de costa, cerca de 50% da faixa das praias é limitada por zona urbanizada, onde sérios problemas ambientais vem sendo desencadeados, a exemplo de redução de áreas de manguezais, avanço da cunha salina sobre o aquífero, processos erosivos, ocupações irregulares, entre outros (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

Os primeiros indícios do avanço da urbanização se deram na década de 30, com o objetivo de beneficiar os empreendimentos que vinham se instalando na região (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015). Nesse momento se destaca em 1936 a construção do Hotel Atlântico, o primeiro da região, hoje conhecido como Hotel Salinópolis, e em 1937 a conclusão da estrada Capanema-Salinópolis (PA-124) (MARINHO, 2009).

Na década de 1960, com o advento do modelo desenvolvimentista do governo brasileiro, a região passou a presenciar a expansão rodoviária, urbanização, circulação de capital e o desenvolvimento do turismo (ALMEIDA, 2017). Em 1966, com a criação da Lei 3.786/66, que transformou Salinópolis em Estância Hidromineral, o município passou a receber investimento do Estado em infraestrutura, principalmente em rodovias, vias de acesso, saneamento e empreendimentos comerciais e hoteleiros voltados ao turismo (BRITO, 2004; MARINHO, 2009). Também em 1966, a fim de estimular o turismo, foi criada a Empresa Brasileira de Turismo (EMBRATUR), com o objetivo de criar e vender uma imagem positiva do país no exterior (LOHMANN; PANOSSO NETTO, 2008).

Nesse mesmo momento, o desenvolvimento passou a se estender para a ilha do Atalaia, a qual abrigava famílias de pescadores, que acabaram vendendo suas casas em função da grande especulação imobiliária que se instalava (BRITO, 2004).

A urbanização de forma desordenada teve início na década de 70, momento em que a praia do Atalaia, leste do município, além de sofrer com a ação dos processos naturais, também sofreu com os efeitos da intervenção antrópica desordenada, especialmente em função da construção da rodovia PA-444 e da ponte que liga a cidade à Ilha do Atalaia, resultando em grande pressão sobre o sistema costeiro devido à forte especulação imobiliária (BRITO, 2004; MARINHO, 2009). Atualmente, na ilha, devido à ausência de um ambiente sedimentar costeiro na zona de pós-praia que ajude na reposição de areia na zona de espraiamento, ocorrem vários

pontos de erosão severa, levando a um estreitamento e a uma degradação visível nas praias do Atalaia e Farol Velho (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

De forma contrária ao restante da ilha do Atalaia, o extremo leste desta, conhecido como praia dos pescadores, caracteriza-se por um ambiente de baixo antropismo, ocupado principalmente por populações tradicionais, que não sofreu tanto com os efeitos da urbanização desordenada (SOUZA, ROCHA, 2018).

Outro importante vetor que contribuiu com o padrão da expansão urbana no município foi a implantação do Projeto AGRISAL, em 1970, que apoiava a exploração agrícola. Como resultado desse projeto, a cidade sofreu um “estrangulamento”, pois se tinham poucas possibilidades de se expandir na parte continental, levando a urbanização em direção ao oeste da cidade, especialmente para a praia do Maçarico. Por volta de 1980, com o enfraquecimento do projeto, parte das terras do AGRISAL começou a ser ocupada pela população, reduzindo o foco na região oeste (BRITO, 2004).

Além disso, a partir da década de 80, a fim de atender a população de segunda residência e promover mais estrutura aos períodos de veraneio, o Estado produziu e estimulou várias práticas relacionadas com intervenção em infraestrutura básica, o que levou a uma nova reorganização socioespacial no município (SOUZA, ROCHA, 2018).

Mais recentemente, em função do padrão de ocupação mais antiga e de alto adensamento populacional na região da sede municipal, as áreas mais expostas da costa tem sido atingidas de forma desordenada pela urbanização. Dessa forma, é comum na região, com destaque na Ilha do Atalaia, observar trechos de orla com urbanização verticalizada sem recuo adequado à linha de costa e diretamente sobre a linha de costa, especialmente por segundas residências destinadas ao período de veraneio, construções prediais, hotéis, restaurantes e outras estruturas urbanas (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

De acordo com Braga e Pimentel (2019), a costa de Salinópolis pode ser subdividida, quanto ao tipo de orla e sua urbanização, em dois grandes setores, sendo esses o Setor Maçarico/Corvina e o Setor Farol Velho/Atalaia. O primeiro pode ser subdividido em cinco subsetores: Costa de Falésias Leste, com orla semi-exposta e urbanizada; Costa de Falésias Oeste, com orla abrigada e urbanizada; Costa de Praias Arenosas Maçarico/Corvina, com orla exposta e não urbanizada; Setor de Manguezal I, com orla abrigada e não urbanizada; e Setor de Manguezal II, também com orla abrigada e não urbanizada. O segundo é subdividido em Setor Praia do Farol Velho e Setor Praia do Atalaia, ambos com orla do tipo exposta e parcialmente urbanizada.

Assim, o município de Salinópolis apresenta hoje, predominantemente, uma região oeste mais populosa, próxima às praias do Maçarico e Corvina, uma região central, nas proximidades da praia do Farol Velho, com urbanização mais próxima da costa, e no leste, representado pela praia do Atalaia e banco de dunas, com uma urbanização em expansão (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

1.1.4 O Sistema de Informação Geográfica (SIG) e a Análise Espacial

O processo de desenvolvimento da sociedade, uso do território e migração, motivadas por interesses econômicos, turísticos, urbanísticos e sociais, tem causado recorrentes modificações na superfície terrestre, e trazido a necessidade, cada vez mais, do entendimento sistemático das alterações ambientais, o que é amplamente avaliado a partir de análises multitemporais da cobertura da terra (ALMEIDA *et al.*, 2009).

Essas análises tem sido permitidas através da aplicação de ferramentas como as do geoprocessamento, unidas a produtos do sensoriamento remoto obtidos por sensores imageadores a bordo dos satélites (LEITE; ROSA, 2012). Essa união permite a aquisição de informações e conhecimentos acerca da superfície terrestre de forma ágil e confiável, em diferentes escalas, possibilitando diferentes análises e gerando os mais diversos produtos (LEITE; ROSA, 2012). Alguns exemplos das possibilidades de análise em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são: mapeamento de uso e cobertura da terra, álgebra de mapas, lógica difusa, interpolações, análise em redes, entre vários outros (RUDORFF, 2005).

Na análise espacial do território por meio do mapeamento dos diferentes tipos de usos e formas de ocupação da superfície com uso do geoprocessamento, é possível a observação e consequente planejamento das distintas maneiras de utilização do espaço, se mostrando essencial à gestão territorial de diversos ambientes, inclusive o urbano (CRISTO; TRENTIN; ROBAINA, 2016).

Outro ponto a se considerar, de grande auxílio à análise espacial, é o uso das imagens obtidas por sensoriamento remoto. Até pouco tempo atrás, as imagens oriundas de plataformas orbitais eram pouco eficientes para aplicações em estudos de ambientes urbanos, devido à baixa e média resolução espacial fornecida pelos sistemas em operação, a exemplo dos sensores Multispectral Scanner System (MSS) e Thematic Mapper (TM), com resolução espacial de 30 metros, do satélite Lansat. No entanto, com os avanços geotecnológicos, as resoluções dos sistemas-sensores têm evoluído continuamente, gerando imagens de alta resolução espacial, como as do satélite IKONOS II, RapidEye, QuickBird, entre outros, podendo chegar a

centímetros de resolução espacial, o que se tornou muito útil para análises urbanas (MORATO *et al.*, 2011).

A partir de então, estudos espaciais em distintos tipos de ambientes têm se potencializado, a exemplo dos estudos de Cristo, Trentin e Robaina (2016) em Unidades de Conservação nos estados do Tocantins e Bahia, de Almeida *et al.* (2009), que utilizaram o geoprocessamento e sensoriamento remoto para a detecção de impactos antrópicos em ambientes mistos em Santos (SP), de Vieira, Rodrigues e Souza (2015), que fizeram uso de imagens de alta resolução espacial para estudos em áreas costeiras em São Luís - MA, e de Teixeira e Souza Filho (2007), que realizaram o mapeamento de ambientes costeiros tropicais utilizando imagens de diferentes sensores remotos orbitais.

No estado do Pará, importantes estudos também têm utilizado essas ferramentas, como de Braga e Pimentel (2019) ao avaliarem a vulnerabilidade do município de Salinópolis-PA frente à variação do nível do mar, de Ranieri e El-Robrini (2016) quando analisaram o uso e ocupação da Costa de Salinópolis, de Melo (2018) ao avaliar a aptidão à urbanização em virtude dos processos erosivos em Marapanim-PA, e Teixeira e Bandeira (2020), que avaliaram o recuo da linha de costa e a correlação com processos erosivos e áreas de risco na zona costeira paraense.

O mapeamento de cobertura da terra nesses ambientes se dá a partir da técnica de classificação de imagens, que pode ser realizada tanto do método não supervisionado quanto do método supervisionado, o qual faz uso de amostras retiradas da imagem de satélite para cada classe que se deseja mapear, servindo como área de treinamento para o algoritmo de classificação (RICHARDS, 1986). Na classificação supervisionada, o classificador pode ser do tipo pixel-a-pixel ou por regiões, sendo o primeiro baseado apenas em informações espectrais do valor do pixel, enquanto que o segundo leva em consideração informações espectrais e espaciais dos objetos identificados na superfície terrestre, trazendo melhor qualidade de classificação, principalmente quando trabalhado em imagens de alta resolução espacial (VENTURIERI; SANTOS, 1998).

Dentre os métodos de classificação supervisionada por regiões, destaca-se o método *Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA) ou classificação orientada a objeto, de acordo com o demonstrado por Baatz *et al.* (2004) e Alves *et al.* (2009), sendo considerado um dos mais adequados quando se trata de um mapeamento mais detalhado fazendo uso de imagens de alta e média resolução espacial, como é o caso deste trabalho, oferecendo resultados com alto grau de confiabilidade, como encontrado em Benz *et al.* (2004), Furtado, Francisco e

Almeida. (2013) e em Schultz *et al.* (2016). Esses resultados são possíveis e função da aplicação de etapas prévias à classificação, como a inserção de informações texturais, nova composição da imagem e sua segmentação em objetos ou regiões, sobre os quais o algoritmo de classificação será executado (BAATZ *et al.*, 2004).

1.1.5 Processos Erosivos e sua Suscetibilidade

A problemática motivadora desse estudo são as causas e possíveis efeitos de processos erosivos, os quais podem ser definidos, genericamente, como um processo geral ou grupos de processos onde os materiais terrosos ou rochosos da crosta terrestre são desagregados, dissolvidos ou desgastados das camadas superficiais e transportados de um ponto a outro por agentes naturais (GUERRA, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; OLIVEIRA; SANTOS; ARAÚJO, 2018).

Os principais fatores que influenciam nos processos erosivos são a pluviosidade, declividade, comprimento do declive, tipo de solo, capacidade de absorção de água pelo solo, resistência do solo à erosão e densidade de cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; OLIVEIRA; SANTOS; ARAÚJO, 2018). No entanto, a erosão pode ser acelerada devido à ação humana associada à ocupação não planejada (SILVA; MACHADO, 2014).

A ocupação urbana é um fator que tem se destacado nos últimos anos por, certas vezes, ocorrer de forma indiscriminada, podendo levar a processos erosivos em intensidade e velocidade que superam a tolerância do ambiente, pois o ecossistema nativo passou a ser substituído por superfícies modificadas, condicionadas por uma constante alteração ambiental (BINDA, 2008).

As erosões podem ser classificadas quando à forma como surgem e quanto aos agentes que as desenvolvem. Quanto à forma, são divididas em erosão natural ou geológica, quando ocasionada por fatores naturais, e erosão antrópica ou acelerada, quando associada à ação humana (RUDORFF, 2005). Quanto aos agentes, é comum classificá-la em quatro grandes grupos: erosão hídrica, erosão eólica, erosão glacial e erosão organogênica (CARVALHO, 2006). A erosão hídrica tem como principal fator ativo a água e pode ser subdividida em erosão pluvial (chuva), erosão laminar (fluxo superficial), erosão linear (fluxo concentrado), erosão fluvial (rio), erosão lacustrina (lago) e erosão marinha ou costeira (mar). Para Zachar (1982) e Carvalho (2006), a erosão eólica e glacial tem como fator ativo o vento e o gelo, respectivamente; a erosão organogênica, por sua vez, tem como principal fator ativo os

organismos, sendo subdividida em erosão fitogênica (plantas), erosão zoogênica (animais) e erosão antropogênica (homem).

Os processos erosivos, nos seus diversos tipos, podem causar significativos danos ambientais, sociais e econômicos, e daí surge o interesse e a necessidade de avaliar esse fenômeno, através de estudos como o da suscetibilidade erosiva, por exemplo, buscando identificar áreas que podem ter diferentes graus de suscetibilidade à erosão em função dos seus fatores interferentes (OLIVEIRA; SANTOS; ARAÚJO, 2018).

A suscetibilidade em si consiste na “intensidade ou escala de um determinado ambiente sofrer impacto frente a um perigo natural, sendo dada pelas suas condições físicas” (RUDORFF, 2005). Nesse contexto, a suscetibilidade a erosão refere-se à possibilidade de ocorrência de eventos erosivos em função das características naturais do meio. Porém, quando há atuação humana no meio, além das feições naturais, devem-se avaliar as interferências antrópicas (BINDA, 2008).

Esta análise pode ser considerada como uma representação prática do conhecimento ambiental aplicado ao gerenciamento de problemas causados pelo uso e ocupação da terra, permitindo que os usuários possam avaliar e prever interações entre o uso do solo e o meio ambiente, possibilitando a orientação de tomadores de decisão quanto às medidas preventivas e corretivas para minimizar riscos ambientais resultantes do mau uso da terra (BONNA, 2011). Diversos estudos tem aplicado essa análise, a exemplo de Rudorff e Bonetti (2010) e também Serafim e Bonetti (2017), que avaliaram a suscetibilidade à erosão costeira de praias em Santa Catarina, de Lima, Oliveira e Moura-Fé (2021), que analisaram a vulnerabilidade à erosão no estado do Ceará, de Caldas, Silva e Santos (2019), que verificaram a suscetibilidade dos solos da bacia hidrográfica Lagos no Rio de Janeiro, entre vários outros.

1.1.6 Erosão Costeira

Na zona costeira do Estado do Pará, o município de Salinópolis se destaca entre os mais populosos e com grande infraestrutura instalada para dar suporte ao turismo, que é bastante intenso na região. Hoje, um dos maiores problemas enfrentados são as ocupações irregulares em áreas sujeitas à processos erosivos costeiros, afetando significativamente os ecossistemas locais, a população e a economia da região (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

A erosão costeira é o processo de retrogradação da linha de costa causado, normalmente, pela dinâmica de circulação costeira, morfodinâmica praias, aporte sedimentar ineficiente, fisiografia, amplas zonas de transporte de sedimentos, elevação do nível do mar e

fatores tectônicos, gerando mudanças da linha costa refletidas em padrões de acreção e erosão (MENDES; PINHO, 2008; SOUZA *et al.*, 2005; PORTZ *et al.*, 2010). Além da causa natural, esses processos erosivos também podem ser causados pela interferência antrópica, através da urbanização da orla, implantação de estruturas rígidas ou flexíveis paralelas ou transversais à linha de costa, retirada de areia da praia, dragagem em canais de maré e na plataforma continental, ocupação de áreas inadequadas e modificação de ecossistemas (RUDORFF; BONETTI, 2010).

Eventos de erosão nas zonas costeiras afetam cerca de 70% das praias arenosas do mundo (BIRD, 2008). No Brasil o comportamento é semelhante, tendo em vista que aproximadamente 25% da população do país habita essas regiões, onde boa parte das praias já apresentam pontos de erosão bastante severa, necessitando de medidas emergenciais de contenção e recuperação (SOUZA, 2009).

As principais consequências decorrentes desses eventos são perdas de áreas de valor econômico, social e ecológico, redução na largura da praia e desaparecimento de praias estreitas e zona de pós-praia, desequilíbrio de habitats, maior frequência de inundações devido a ressacas, intrusão salina no aquífero, perda de recursos pesqueiros, do valor paisagístico e imobiliário, dentre outras (SOUZA, 2009; PORTZ *et al.*, 2010).

Para uma boa caracterização do grau de estabilidade dos ambientes costeiros é necessário o estudo e monitoramento dos agentes que determinam a dinâmica de determinada costa ao longo do tempo (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

Nesse contexto, as três principais formas de análise da erosão costeira se dão pelo uso de tecnologias de geoinformação, pelo estudo dos perfis de praia e comparação com perfis de equilíbrio, e pelo estudo e quantificação do transporte de massa ao longo das praias (CARNEIRO; COUTINHO, 2003). Os métodos de análise associados à aplicação de geotecnologias consistem na aquisição, processamento, interpretação e análise de dados espaciais, envolvendo a tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (MENDES; PINHO, 2008). Um dos métodos que vem sendo eficientemente aplicado é a análise da erosão através do mapeamento da sua suscetibilidade que, apesar de não trabalhar com a probabilidade de ocorrência do fenômeno, indica as possíveis áreas de ocorrência de eventos erosivos, sendo fundamental no processo de análise de risco (RUDORFF, 2005).

Estudos de suscetibilidade à erosão em dado local levam em consideração os fatores físicos condicionantes desses processos no ambiente em questão, podendo estar relacionados ao tipo de solo, declividade, clima, cobertura vegetal, correntes de maré, morfodinâmica praial,

entre diversos outros (MARTINI *et al.*, 2006). Os métodos de avaliação da suscetibilidade podem variar de acordo com a robustez de dados disponíveis, que é um fator limitador frente a realidade das pesquisas costeiras no Brasil. Serafim e Bonetti (2017), por exemplo, avaliaram a suscetibilidade das praias do Estado de Santa Catarina, utilizaram uma metodologia baseada em análise de multicritério para as variáveis tipo de linha de costa, largura da praia, exposição às ondas, maré meteorológica, maré astronômica e variação de linha de costa. Enquanto que Rudorff e Bonetti (2010), frente à indisponibilidade de dados em um estudo em outra região de Santa Catarina, propuseram a adoção de metodologia com uso de geoindicadores para gerar índices de suscetibilidade erosiva.

1.2 Justificativa e interdisciplinaridade da pesquisa

Os ambientes costeiros possuem dinâmicas de ocupação distintas de regiões continentais por conta dos processos naturais atuantes na costa e pelos interesses associados à economia, a exemplo do turismo, pesca e transporte. São regiões que apresentam fragilidades ambientais e que comumente são as mais atrativas para atividades turísticas e ocupação urbana, por conta da sua beleza natural. No entanto, a forma como esses ambientes vem sendo ocupados, têm desenvolvido diversos impactos negativos, podendo causar desastres naturais.

Esse contexto é encontrado no município de Salinópolis, localizado na zona costeira paraense, o qual é considerado um dos principais pontos turísticos do estado e que tem sua costa marcada por intensa urbanização, envolvendo residências de veraneio de alto padrão e grandes empreendimentos. No entanto, essa ocupação tem se dado de forma desordenada, sobre áreas de dunas, restingas e manguezais, muitas vezes submetendo a população às áreas de risco, potencializando desastres naturais, como a erosão costeira.

Eventos de erosão costeira precisam ser monitorados a fim de minimizar seus impactos. Esse monitoramento deve envolver uma ampla gama de conhecimentos sobre os aspectos físicos do local, a dinâmica de ocupação da terra, eventos passados e recentes de processos erosivos, comportamento da população residente e flutuante, anseios dessa população e da economia, dentre outros.

Dentro desse contexto, esta tese consiste em propor uma metodologia para gerar informações e dados acerca a distribuição da ocupação do espaço urbano sobre as áreas suscetíveis a processos erosivos no município de Salinópolis, podendo ser aplicada em outras zonas costeiras, na busca de relacioná-los, indicando, assim, áreas que atualmente têm sofrido com baixa, média e alta suscetibilidade de erosão costeira intensificada pela ocupação urbana e

possíveis áreas que podem vir a se tornar de risco em caso de ocupação irregular da costa no futuro. Assim, espera-se observar nessas áreas a alta influência espacial da expansão urbana na geração de condições de alta e média suscetibilidade à erosão em regiões que, originalmente, teriam baixo risco a esses fenômenos na ausência da urbanização.

Isso é justificado frente a necessidade atual e futura de evitar situações de risco, gerando dados e discussões fundamentais para auxiliar na compreensão de como os processos erosivos vem se desenvolvendo na área de estudo em função do avanço da ocupação urbana e de quais são as áreas mais prováveis de desastres futuros, caso a urbanização não seja ordenada. Além disso, as informações geradas e metodologias aplicadas tem grande potencial para ajudar no estabelecimento de medidas necessárias para a conservação e planejamento ambiental, de modo a evitar ocupação urbana sobre a áreas impróprias, visto que poderia conferir grande risco à população, aspecto que deve ser prioridade da gestão pública e ambiental.

A tese está de acordo com a área de concentração deste curso, Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia, assentindo aos fins interdisciplinares deste programa. A pesquisa envolve tanto a dinâmica espacial do território amazônico, quanto avalia o padrão espacial de ocupação da terra e dos fatores ambientais sobre a dinâmica de ocupação de ambientes, quando se trata do potencial de ocorrência de erosão costeira, foco deste trabalho. Além disto, essa vertente está diretamente associada ao comportamento social, visto que os efeitos das mudanças de uso e cobertura da terra e dos desastres naturais podem influenciar na distribuição da sociedade e nas relações sociais.

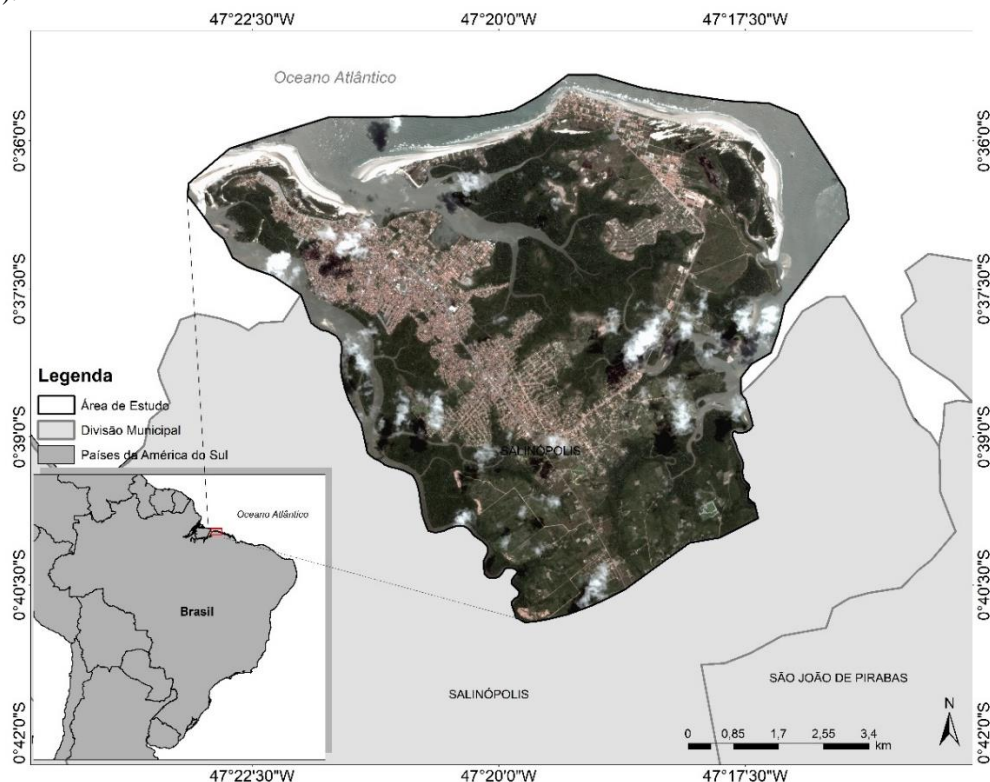
1.3 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho limita-se às áreas de orla marítima e urbana do município de Salinópolis (cerca de 75,9 km²), o qual faz parte da zona costeira do Estado do Pará, especificamente no Setor 5 – Costa Atlântica Paraense (Art. 6º da Lei N° 9.064/2020), região Norte do Brasil, correspondente ao fragmento da região Amazônica em contato com o Atlântico. Este município está localizado na Mesorregião do Nordeste Paraense e Microrregião do Salgado, sob as coordenadas 0°36' / 0°48' S e 47°15' / 47°24' W, limitando-se a leste com o município de São João de Pirabas, ao sul e a oeste com o município de Maracanã e ao norte, com o Oceano Atlântico (MARINHO, 2009) (Figura 1).

A região costeira do município de Salinópolis, assim como a maioria das regiões litorâneas, tem elevado potencial ecológico e ambiental, e é representada aqui pelas praias do Maçarico, Corvina, Atalaia e Farol Velho, extensas áreas de campos de dunas e mangues. Este

tipo de ambiente permite distintas possibilidades de usos sociais, como o turismo, veraneio marítimo, reprodução socioespacial de populações, dentre outros (MARINHO, 2009).

Figura 1 - Localização da área de estudo (Datum: Sirgas 2000. Projeção: geográfica. Dados: IBGE e ANA. Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B – Ano 2018).



Fonte: Autora.

As praias de Salinópolis, apesar da semelhança entre a granulometria, morfologia e processos costeiros, apresentam unidades fisiográficas distintas. A praia da Corvina, por exemplo, que se localiza no extremo oeste do município, é limitada por dunas frontais, restinga e manguezais na linha de costa. A do Maçarico, que faz divisa com a praia da Corvina, é a praia menos exposta ao oceano aberto em função de estar localizada na foz do rio Sampaio. Esta praia é limitada por falésias ao sul e por dunas e restinga na linha de costa (RANIERI, 2014). Com relação à ocupação, essa região se mostra mais populosa, com urbanização mais consolidada, comparada às outras áreas do município (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

Na praia do Farol velho, onde ocorrem os maiores impactos em função da urbanização e especulação imobiliárias, são observados afloramentos rochosos e esta é limitada por moradias construídas sobre antigos campos de dunas (RANIERI, 2014). Nessa região predominam habitações e estruturas urbanas já consolidadas com fragmentos de florestas de

manguezais ainda preservada, caracterizada por uma urbanização mais próxima à praia, onde as variações na linha de costa são mais impactantes (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

Enquanto que a praia do Atalaia, por sua vez, é limitada por campos de dunas e restinga na linha de costa, com uma urbanização predominantemente em expansão (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

1.3.1 Aspectos Socioeconômicos

Salinópolis abrigava no ano de 2010, último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), uma população de 37.421 habitantes, com estimativa de 41.164 habitantes para o ano de 2021. A economia local se baseia, principalmente, em função do mercado turístico, que incentiva o comércio mais intensamente durante a alta temporada, com a chegada da população flutuante, que é bastante expressiva (BRITO, 2004). Dentre as atividades econômicas mais representativas têm-se a pesca, os ramos de hotéis, pousadas e restaurantes, e comércio e serviços em geral, sendo o turismo o principal responsável pelas alterações das relações socioespaciais (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

Semelhantemente a outros espaços litorâneos, Salinópolis também lida com diversas questões associadas com o avanço da urbanização, como problemas com saneamento básico, resíduos sólidos, degradação ambiental, periferização de populações, abastecimento de água, ocupação de áreas impróprias e de risco e outros. Isto é resultado de um processo de transformação de ocupação do território carente de planejamento, voltado para interesses urbano-mercantis (MARINHO, 2009).

Além disso, a área urbana do município está sobreposta às áreas de manguezais, faixas de praia e campos de dunas e ao mesmo tempo envolvida por elas (MELO, 2008), e a tendência é de constante expansão dado o incentivo ao turismo pelo Governo do Estado do Pará. A ocupação dessas áreas ocorre tanto pela população de baixa renda como por grandes obras de infraestrutura (SOUZA; ROCHA, 2018). Esse processo gera impactos como a degradação de ecossistemas, o avanço da cunha salina sobre o aquífero, o desencadeamento de processos erosivos e a ocupação de áreas de risco pela população (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016; BRAGA; PIMENTEL, 2019).

Os processos erosivos têm acarretado prejuízos expressivos nas áreas mais antropizadas, levando ao recuo de barracas e estruturas e perdas de moradias na praia do Atalaia e Farol Velho, principalmente (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

1.3.2 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

No município de Salinópolis é encontrada grande diversidade de unidades geomorfológicas, dentre as quais ocorrem tabuleiros costeiros, falésias, planaltos costeiros, planícies alagáveis e não alagáveis, dunas, cordões arenosos, depressões interdunares e lagunares, sendo os planaltos costeiros, falésias, praias e planícies de maré as mais dominantes (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016; BRAGA; PIMENTEL, 2019).

De acordo com Braga e Pimentel (2019), as falésias ocorrem tanto à leste como à oeste da costa, sendo predominante a ocorrência de falésias altas, superiores a 5 metros, e de forma menos expressiva a de falésias médias, de 2 a 5 metros; já as planícies costeiras apresentam, em sua maior parte, vegetação de mangue que recorta a cidade, e as praias são representadas pelas praias do Maçarico, Corvina, Farol Velho e Atalaia, ocupando grande extensão da área de estudo. Nos planaltos costeiros, por sua vez, ocorre a maior parte da ocupação urbana (BRAGA; PIMENTEL, 2019).

Quanto à geologia local, Leite (2010) a descreve com maior predominância o Grupo Barreiras, seguida pela Formação Pirabas e sedimentos pós-Barreiras, sobre os quais é registrada uma cobertura sedimentar recente (holocênica). O Grupo Barreiras é formado por sedimentos areno-argilosos e por vezes conglomeráticos, mal consolidados, e ocorre de forma discordante sobre as rochas cretáceas ou rochas do embasamento. A formação Pirabas, que apresenta afloramento no litoral do nordeste do Pará, é formada por rochas carbonáticas fossilíferas depositadas durante o Mioceno inferior, enquanto que os depósitos holocênicos são representados pelas praias, dunas e planícies de maré (LEITE, 2010).

Afloramentos da Formação Pirabas são observados nas praias do Farol Velho e Atalaia. Sedimentos dessa formação, provenientes do planalto costeiro, se mostram em evidência nas falésias da foz do Rio Sampaio e nas reentrâncias das baías que cortam a costa do município. Já nas planícies costeiras ocorrem os sedimentos holocênicos nas praias, campos de dunas recentes, planícies arenosas com vegetação de restinga e planície lamosa (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

1.3.3 Aspectos Climáticos

A região nordeste do Pará, onde está inserido o município de Salinópolis, apresenta clima do tipo Am (Tropical Úmido), de acordo com a classificação de Köppen (1948), caracterizado por ser quente e úmido (clima equatorial amazônico) (INPE. CPTEC, 2014). Apresenta temperatura média de 27°C e uma precipitação anual que pode chegar a valores de

3.300 mm, tendo um período menos chuvoso, de junho a novembro, e um mais chuvoso, dezembro a maio (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015; BRAGA; PIMENTEL, 2019).

O comportamento da precipitação anual da região é resultado, principalmente, do movimento migratório longitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico Equatorial. Também recebe influências da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e da Alta da Bolívia (AB) (SILVA, 2010). A região também é afetada por anomalias climáticas que ocorrem no Pacífico, como El Niño e La Niña, e no Atlântico, Dipolo Atlântico. As precipitações intensas na costa são resultados da ação das Linhas de Instabilidade (LIs) (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

De acordo com Geyer *et al.* (1996), no nordeste do Pará predominam durante todo o ano ventos alísios de nordeste (velocidade média anual de 4,10 m/s), que se maximizam entre os meses de dezembro a março, quando se unem aos alísios de sudeste. São estes os responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental interna para a costa.

O comportamento dos ventos na zona costeira do Pará varia dependendo do período do ano. No período menos chuvoso ele se direcionam, na maior parte, de norte-nordeste, enquanto que no período chuvoso eles seguem de leste-nordeste, influenciados pelo deslocamento da ZCIT para o Hemisfério Sul (RANIERI, 2014).

Quanto à velocidade do vento, esta aumenta com a proximidade do litoral em função do efeito das brisas (marítima, a mais intensa, e terrestre). Durante o período chuvoso, a velocidade é mais baixa, em função da menor força da brisa marítima, devido ao aumento da precipitação diminuir o contraste térmico entre o continente (menos aquecido) e o oceano. Já no período menos chuvoso, de forma contrária, a velocidade do vento é mais alta, pois ocorre a redução da precipitação na região, o que aumenta o contraste térmico entre o continente, agora mais aquecido, e o oceano (MÁCOLA; EL-ROBRINI, 2004).

1.3.4 Aspectos Oceanográficos

Os aspectos oceanográficos do município de Salinópolis podem ser caracterizados pelo comportamento das ondas, das correntes e regimes de maré.

O comportamento das ondas na região é influenciado especialmente pelos ventos alísios, que cruzam a plataforma continental em direção ao nordeste, resultando em *trends* de ondas incidentes, as quais, associadas à morfologia de fundo, geram correntes de deriva litorânea para noroeste (GEYER *et al.*, 1996).

As correntes de maré são as que mais atuam nessa região do litoral, seguidas pelas correntes litorâneas oriundas da chegada das ondas à costa, que juntas são responsáveis pelo transporte de sedimentos do continente para o litoral (BRAGA, 2007). As correntes longitudinais têm maior intensidade durante a sizígia e a estação chuvosa na Amazônia, de dezembro a maio (C. SEGUNDO, 2007).

Essa região do litoral está submetida ao regime de meso-maré e macro-maré semidiurnas, com amplitudes superiores a 2 metros e 4 metros, respectivamente, definido pela intensidade e direção dos ventos alísios gerados pelo anticiclone semi-estacionário do Atlântico Sul (MUEHE, 2005; EL-ROBRINI *et al.*, 2006). As marés mais altas ocorrem, geralmente, nos meses de março e abril, em função da associação de maiores precipitações e a ocorrência do Equinócio de Primavera, quando pode chegar a 6 metros de altura (RANIERI, 2014).

De acordo com Ranieri (2014), em Salinópolis, a altura de onda em águas profundas pode variar de 0,5 a 1,5, enquanto que em águas rasas a altura média é de 0,5 a 1 metro.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Avaliar a dinâmica de ocupação do solo no município de Salinópolis, a partir do estudo da cobertura da terra e dos fatores influentes, e aplicá-los para avaliar a suscetibilidade à erosão na costa da ilha do Atalaia, como subsídio às políticas de ordenamento territorial da costa brasileira.

1.4.2 Objetivos Específicos

Analisar o padrão espacial e temporal da ocupação da terra durante o período de 2010 a 2018, nas áreas de orla marítima e urbana de Salinópolis – PA;

Identificar os fatores que influenciam a dinâmica de ocupação do município, variáveis explicativas, utilizando o modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR);

Analisar a suscetibilidade de processos erosivos da orla marítima da Ilha do Atalaia com base em análise espacial da ocupação da terra, topografia e de geoindicadores, a fim de gerar o mapeamento da suscetibilidade.

1.5 Estrutura da tese

O texto da tese está estruturado em cinco capítulos. O capítulo 1 apresenta uma contextualização geral da pesquisa, explicitando seu tema, pontos principais no referencial teórico, caracterização da área de estudo e objetivos geral e específicos.

O capítulo 2, intitulado “Análise espaço-temporal da ocupação da terra na costa de Salinópolis (PA) através do método de classificação Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA)”, teve como objetivo analisar a evolução da ocupação do território do município nos últimos 10 anos, a fim de visualizar uma dinâmica espacial de ocupação e identificar áreas preferenciais pela população. Para tal, foi realizada a classificação de imagens de satélite de alta resolução espacial a partir do método *Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA).

O capítulo 3, intitulado “Avaliação da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis/PA com base no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR)”, buscou gerar uma compreensão geral acerca da ocupação da terra no município a partir da identificação dos principais fatores que explicam essa dinâmica (variáveis explicativas). Para isso, aplicou-se a metodologia Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR).

O capítulo 4, intitulado “Análise da suscetibilidade à erosão na ilha do Atalaia baseada na mudança de ocupação da terra”, objetivou realizar uma análise da suscetibilidade da área de estudo a processos erosivos a partir da análise da ocupação da orla marítima da ilha, da topografia local e da análise de geoindicadores em campo. Como aspecto inovador desta análise, isto possibilitou a identificação da distribuição da ocupação do território sobre áreas potenciais de ocorrência de processos erosivos na costa da área de estudo.

O capítulo 5 traz as conclusões gerais da pesquisa.

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA OCUPAÇÃO DA TERRA NA COSTA DE SALINÓPOLIS (PA) ATRAVÉS DO MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO GEOGRAPHIC OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS (GEOBIA).³

Resumo

A dinâmica de ocupação da terra em áreas costeiras, influenciada pelo intenso processo de urbanização, tem levado a significativos impactos ambientais. Frente a isto, cada vez mais tem se tornado importante a avaliação espacial dessas regiões por mapeamento da ocupação da terra. Isso se dá pela classificação de imagens oriundas do sensoriamento remoto. Diante disso, este capítulo buscou realizar a análise espaço-temporal da ocupação da terra em Salinópolis-PA, município costeiro do estado do Pará marcado pela intensa urbanização influenciada pelo turismo, no período de 2010 a 2018. Para isto, realizou-se a classificação orientada a objeto pelo método GEOBIA em imagens de alta resolução espacial (SPOT, RapidEye e PlanetScope). Para melhorar a qualidade das imagens foram inseridas informações texturais provenientes do cálculo do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). Foi realizada a segmentação pelo método de crescimento de regiões de Baatz, onde foram definidos valores específicos dos parâmetros Limiar de Similaridade, Fator Escala, Fator Cor e Fator Forma para cada imagem. Para a classificação foi utilizado o algoritmo C5.0 Decision Trees na plataforma GeoDMA do software TerraView 5.3.3, e os resultados foram analisados por Matriz de Detecção de Mudança (MDM). As classes definidas foram: Vegetação Densa (VD), Vegetação Não Densa (VND), Corpo D'água (CD), Área Urbanizada (AU), Dunas (D) e Faixa de Praia (FP). A classificação foi avaliada e apresentou um índice de Exatidão Global de 0,86 e índice Kappa de 0,83. Os resultados da análise espaço-temporal mostraram uma redução das áreas de VD, VND e D, incluindo áreas de restinga e manguezais, e um aumento de AU. As áreas de CD e FD apresentaram dinâmica marcada por fatores costeiros locais.

Palavras-chave: Dinâmica de ocupação, áreas costeiras, segmentação e classificação de imagens de satélite.

³ Submetido a Revista Pesquisa em Geociências, Qualis B1 em Ciências Ambientais. Em processo de Revisão (ROSA, A. G.; SOUSA, M. C.; SANTOS, J. T. S.; ANDRADE, M. M. N.; SOUSA, A. M. L. Análise espaço-temporal da ocupação da terra na costa de Salinópolis (PA) através do método de classificação *Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA).

Abstract

The dynamics of land occupation in coastal areas, influenced by the intense urbanization process, has led to significant environmental impacts. In view of this, the spatial assessment of these regions by mapping land occupation has become increasingly important. This is made by classifying images from remote sensing. Therefore, this chapter aimed to accomplish the spatio-temporal analysis of land occupation in Salinópolis-PA, a coastal municipality in the state of Pará marked by intense urbanization influenced by tourism, in the period from 2010 to 2018. For this, object-oriented classification was performed using the GEOBIA method in high spatial resolution images (SPOT, RapidEye and PlanetScope). To improve the quality of the images, textural information from the calculation of the Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) was inserted. The segmentation was performed by the Baatz region growth method, where specific values for the Similarity Threshold, Scale Factor, Color Factor and Form Factor parameters were defined for each image. For the classification, the algorithm C5.0 Decision Trees was used on the GeoDMA platform of the TerraView 5.3.3 software, and the results were analyzed using a Change Detection Matrix (CDM). The defined classes were Dense Vegetation (DV), Non-Dense Vegetation (NDV), Water (W), Urbanized Area (UA), Dunes (D) and Beach Band (BB). The classification was evaluated and presented a Global Accuracy index of 0.86 and a Kappa index of 0.83. The results of the space-time analysis showed a reduction in the areas of DV, NDV and D, including areas of restinga and mangroves, and an increase in UA. The W and BB areas showed dynamics marked by local coastal factors.

Keywords: Occupation dynamics, coastal areas, segmentation and classification of satellite images.

2.1 Introdução

No processo de urbanização e de ordenamento do território, a busca por espaço e a exploração dos recursos, destacam-se como elementos determinantes dos padrões de uso e ocupação da terra. Estes padrões decorrem de decisões de atores e são influenciados por diversos fatores biofísicos e socioeconômicos que interagem no espaço e no tempo (COHENCA, 2016).

Nesse contexto de dinâmica de ocupação da terra, estudos utilizam-se do Sensoriamento Remoto e das ferramentas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para analisar espacialmente e temporalmente informações de mudanças de cobertura, principalmente através do seu mapeamento (KAR *et al.*, 2018).

O mapeamento do uso e cobertura da terra e o reconhecimento dos fatores que atuam nos diversos níveis de organização da sociedade são instrumentos que auxiliam a cumprir a função do gerenciamento do espaço, através da avaliação da capacidade de suporte de um ambiente e da proposição de alternativas de conservação ambiental e planejamento territorial (SILVA; MACHADO, 2014).

Dentre as técnicas de mapeamento utilizadas atualmente, destaca-se a que adota o método de classificação *Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA) ou classificação orientada a objeto, seguindo as orientações de Baatz *et al.* (2004) e Alves *et al.* (2009). Este método de classificação semi-automático tem como unidade de processamento objetos ou regiões, que possuem similaridades em suas características, como brilho, tamanho, forma, compactidade, textura, vizinhança e outros (LIU *et al.*, 2006). Quanto mais parâmetros forem adicionados no processo de decisão do algoritmo de classificação, melhor a eficiência na extração das respectivas classes (UTSUMI *et al.*, 2017).

A classificação GEOBIA consiste no agrupamento dos *pixels* em objetos geográficos por meio de uma segmentação, baseada em critérios espectrais e espaciais em imagens de resolução média (10m – 30 m) e alta (2m – 10 m) (BAATZ *et al.*, 2004; BENZ *et al.*, 2004; WHITESIDE; BOGGS; MAIER, 2011). Esse método possibilita que os *pixels* segmentados estejam associados a atributos correspondentes ao tratamento estatístico dos *pixels* e ao tratamento matemático da distribuição espacial dos valores dos *pixels* (FRANCISCO; ALMEIDA, 2012).

Para melhorar a precisão da classificação GEOBIA, são inseridas informações de texturas da área estudo, através de dados de relevo ou de índices de vegetação diversos (BAATZ *et al.*, 2004).

Diversas aplicações deste método têm apresentado excelentes resultados com alto grau de confiabilidade da classificação do uso e ocupação do solo, sendo muito úteis em análises espaço-temporais para fins de gerenciamento do território, principalmente em regiões marcadas por urbanização rápida e intensa, resultando em impactos ambientais, sociais e econômicos (BENZ, *et al.*, 2004; FURTADO; FRANCISCO; ALMEIDA, 2013; SCHULTZ *et al.*, 2016).

Nesse contexto, este capítulo objetiva a análise espaço-temporal da ocupação da terra no município de Salinópolis – Pa através do método GEOBIA, a fim de analisar a superfície com mais detalhe e eficiência, no período de 2010 a 2018, tendo em vista este ser um município marcado por intensa urbanização, principalmente na orla marítima, caracterizada por elevado potencial ecológico.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Área de estudo

A área de estudo limita-se às áreas de orla marítima e urbana do município de Salinópolis (cerca de 75,9 km²), o qual faz parte da zona costeira do Estado do Pará, região Norte do Brasil, correspondente ao fragmento da região Amazônica em contato com o Atlântico (MARINHO, 2009).

Essa região, assim como a maioria das regiões litorâneas, tem elevado potencial ecológico e ambiental, representada por distintas unidades geomorfológicas, como falésias, planícies alagáveis e não alagáveis, dunas, cordões arenosos, depressões interdunares e lagunares e faixas arenosas (Praias do Maçarico, Corvina, Atalaia e Farol Velho) (SOUZA FILHO, 2005; BRAGA; PIMENTEL, 2019).

De acordo com Brito (2004), o movimento intenso de ocupação do município iniciou na década de 60, através da facilitação do acesso às praias, alterando significativamente o ecossistema local. Logo em seguida, na década de 70 houve a implantação do projeto AGRISAL, que apoiava a exploração agrícola, levando à uma grande expansão urbana, em direção, principalmente, às praias (BRITO, 2004). Desde então, o município vem sofrendo extensas modificações do espaço em função, especialmente, do mercado turístico, o que traz consigo problemas com saneamento básico, resíduos sólidos, degradação ambiental, periferação de populações, abastecimento de água, ocupação de áreas impróprias e de risco e outros (SOUSA; ROCHA, 2018; BRAGA; PIMENTEL, 2019).

2.2.2 Dados

Para a realização da classificação foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução espacial, fornecidas pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (EMATER-PARÁ), do período de 2010 a 2018, em intervalos de 4 anos (2010, 2014 e 2018). Este período de dados foi estabelecido em função do tempo em que consideráveis mudanças ocorreram na costa, resultante da dinâmica costeira que, segundo Costa Júnior *et al.* (1992) e Braga e Pimentel (2019), ocorre em torno de 10 anos.

Essa dinâmica costeira é, predominantemente, de progradação, com variação expressiva ao longo dos anos, de acordo com a análise realizada por Braga e Pimentel (2019) nas linhas de costa dos anos de 1984, 1994, 2004 e 2015. No entanto, em locais onde a ocupação

humana está se consolidando, tem se observado impactos expressivos associados à erosão costeira (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

Para a análise foram usadas imagens do satélite SPOT-5 (*Sallite Pour l'Observation de la Terre*) RapidEye PlanetScope, para os anos de 2010, 2014 e 2018, respectivamente (Quadro 1).

Quadro 1 - Informações das imagens SPOT-5, RapidEye e PlanetScope, extraídas de Gleyzes *et al.* (2003), RapidEye (2016) e Planet (2019), respectivamente.

Ano	Imagem	Sensor	Bandas Utilizadas	Resolução Espacial
2010 (26/06/2010)	Satélite SPOT-5 (<i>Sallite Pour l'Observation de la Terre</i>)	HRG (<i>High Resolution Geometric</i>)	Banda 1 (verde) - 500nm a 590nm. Banda 2 (vermelho) - 610nm a 680nm. Banda 3 (infravermelho próximo) - 780nm a 890nm.	10 metros
2014 (01/08/2014)	SatélitesRapidEye	REIS (RapidEye Earth Imaging System)	Banda 1 (azul) - 440nm a 510nm. Banda 2 (verde) - 520nm a 590nm. Banda 3 (vermelho) - 630nm a 685nm. Banda 4 (infravermelho próximo) - 690nm a 730nm.	5 metros
2018 (07/06/2018)	Satélite PlanetScope	Sensor multiespectral	Banda 1 (azul) - 455 nm a 515 nm. Banda 2 (verde) - 500 nm a 590 nm. Banda 3 (vermelho) - 590 nm a 670 nm. Banda 4 (infravermelho próximo) - 780 nm a 860 nm.	3 metros

Fonte: Autora.

As imagens foram selecionadas de acordo com a disponibilidade no período analisado e buscando manter um intervalo temporal semelhante entre elas, priorizando as oriundas do período menos chuvoso no estado do Pará, que vai de junho a novembro (MORAES *et al.*, 2005), devido à menor quantidade de nuvens, o que facilita a classificação.

Apesar de as imagens, serem provenientes de sensores de satélites distintos e apresentarem resoluções diferentes, considerando a escala de trabalho adotada de 1:60.000, determinada de acordo com a relação resolução espacial e escala, a análise comparativa entre elas é válida e provém resultados em alta resolução. Nesse caso, não foi necessária a reamostragem das imagens por interpolação, em função da escala de análise de 1:60.000 ser suficiente (BOGGIONE, 2003). O estudo de mapeamento de ambientes costeiros realizado por

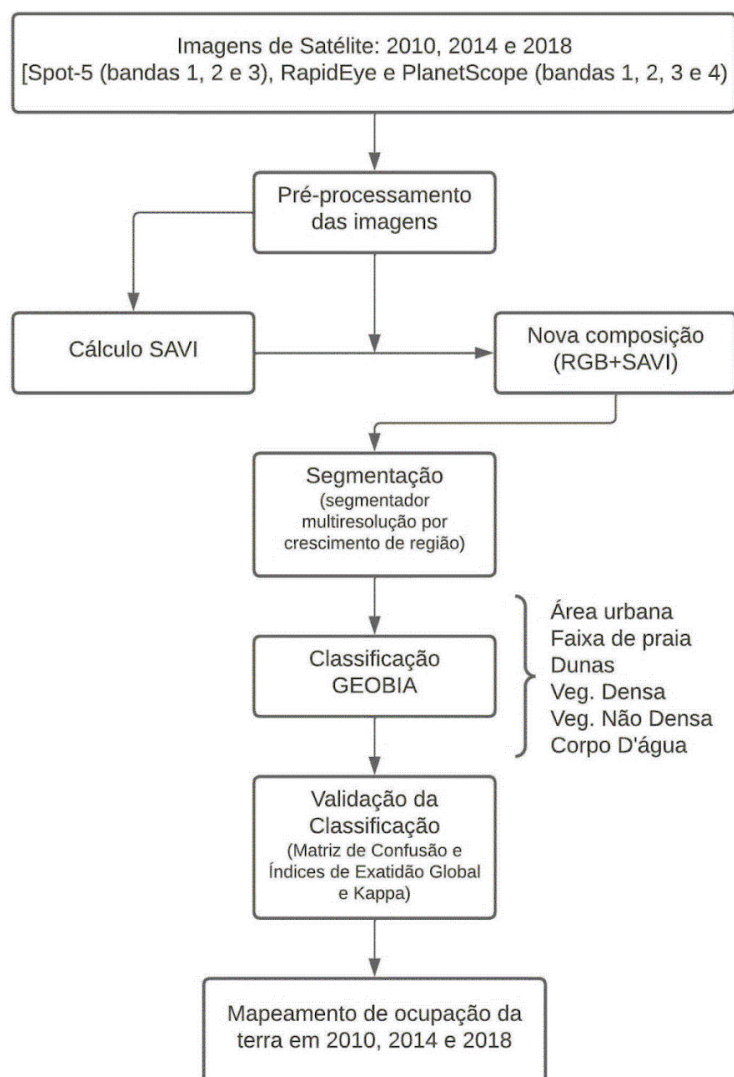
Teixeira e Souza Filho (2007), também fez uso de imagens de diferentes sensores sem a necessidade de pré-processamento relacionado ao ajuste de resolução.

Quanto aos dados geográficos, foi utilizada a base de limites municipais disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2018).

2.2.3 Análise dos dados

Os procedimentos a serem adotados para a classificação foram: definição das classes de ocupação da terra, pré-processamento das imagens, cálculo do índice de vegetação e união às bandas da imagem, segmentação, classificação, validação da classificação e análise dos resultados, como apresentado no fluxograma abaixo (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: Autora.

2.2.3.1 Definição das classes

As classes inicialmente identificadas foram agrupadas em: Área Urbana (áreas pavimentadas, construções e solo exposto); Faixa de Praia; Dunas; Vegetação Densa (florestas); Vegetação Não Densa (restinga, capoeira e campos naturais); e; Corpo D'água (mar, rios e lagoas). Apesar de não serem considerados classes de ocupação da terra, outros objetos também foram identificados e classificados nas imagens, os quais são: Nuvem e Sombra de Nuvem. Evitou-se um grande número de classes temáticas de ocupação da terra, pois isto pode implicar em um aumento da imprecisão de classificação por redução das distâncias radiométricas entre as classes e por dificuldade do algoritmo em definir a classe nos *pixels* de borda (COHENCA, 2016).

2.2.3.2 Pré-processamento das imagens

O pré-processamento das imagens consistiu na composição dos mosaicos de imagens para recobrimento da área de estudo, recorte da área de interesse, composição colorida das imagens e, por fim, a calibração radiométrica da imagem através da realização de ajustes de realce de contraste e brilho. Esta calibração permite melhorar a qualidade das imagens sob os discernimentos subjetivos do olho humano, possibilitando uma melhor discriminação dos objetos da superfície (GONZALES; WOODS, 2001).

Para a composição coloridas das imagens foram utilizadas as bandas do vermelho – banda 3, verde – banda 2, azul – banda 1 e infravermelho próximo – banda 3. Para as imagens do Satélite SPOT-5 foi utilizada a composição R2G1B3) e para as imagens dos satélite RapidEye e PlanetScope foi utilizada a composição R3G2B1.

A fase de pré-processamento das imagens foi realizada no software ArcGis 10.6.1.

2.2.3.3 Cálculo do índice de vegetação e união às bandas da imagem

Para a inserção de informações de texturas da imagem, essencial ao método GEOBIA, foi escolhido o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI).

O cálculo do SAVI se deu a partir da metodologia proposta por Huete (1988), a qual considera influências significativas do solo no espectro da radiação proveniente de dosséis vegetais esparsos e, por esse motivo, inclui uma constante “L”, que tem a função de minimizar o efeito do solo no resultado espectral final do índice, podendo variar de acordo com o grau de densidade do dossel presente na área de estudo.

O SAVI é calculado a partir da seguinte equação:

$$SAVI = \frac{(1 + L) * (NIR - R)}{(NIR + R + L)}$$

Onde: NIR = banda do Infravermelho Próximo e R = banda do vermelho (Red) e "L" é a constante que minimiza o efeito do solo e pode variar de 0 a 1.

Segundo Huete (1988) os valores ótimos para L são: L = 1 para baixas densidades de vegetação; L = 0,5 para médias densidades e; L = 0,25 para altas densidades. Considerando que a área de estudo apresenta uma região parcialmente vegetada, adotou-se o L = 0,5.

Este índice age como um indicador da proporção e condição da vegetação. Os valores obtidos na classificação podem variar entre -1,5 e 1,5, sendo os maiores valores representantes de áreas com maior densidade de vegetação e os menores associados a área com baixa densidade ou ausência vegetação, corpos d'água e nuvens (BILAR; PIMENTEL; CERQUEIRA, 2018).

O cálculo foi realizado a partir da aplicação da ferramenta SAVI, extensão instalada do software ArcGIS 10.6.1.

A partir do cálculo do SAVI foi gerado um arquivo *raster* com os resultados. Este *raster* foi unido à imagem original, a partir da ferramenta *Composite Bands* do ArcGIS 10.6.1, a fim de inserir mais informações aos alvos da imagem, para, assim, realizar a sua segmentação e extração de atributos. Essa composição viabiliza um melhor discernimento dos alvos em função da otimização da informação multiespectral, assim como realizado em Pinho, Kux e Almeida (2007).

Após essa etapa as imagens passaram a ser composta por cinco bandas: Azul, Verde, Vermelho, Infravermelho e SAVI. Com exceção da imagem SPOT-5, que passou a compor 4 bandas: Verde, Vermelho, Infravermelho e SAVI.

2.2.3.4 Segmentação

Foi utilizado um segmentador multirresolução por crescimento de região para gerar os polígonos (objetos). Esse tipo de segmentador gera objetos a partir da fusão de *pixels* de acordo com critérios de homogeneidade (BAATZ; SCHAPE, 2000).

Os critérios de homogeneidade utilizados nesse algoritmo de segmentação são definidos a partir da combinação de características espectrais (cor) e de forma (compacidade e suavidade) dos *pixels* ou dos objetos. Os parâmetros Cor e Forma indicam, respectivamente, o

quanto da informação de cor e forma é usada no processo de segmentação (VIEIRA *et al.*, 2012).

O fator Forma é subdividido em compacidade e suavidade. A compacidade está relacionada com o grau de compactação dos objetos, onde um alto valor de compacidade gera segmentos menores e mais compactos, geralmente associados a alvos antrópicos, enquanto que a suavidade refere-se ao quão suave é a borda dos segmentos gerados, onde um alto valor de suavidade, por exemplo, gera segmentos com bordas suaves, características típicas de alvos naturais (FURTADO; FRANCISCO; ALMEIDA, 2013).

Outros parâmetros a serem considerados são os Fatores Escala e Peso. De acordo com Furtado, Francisco e Almeida (2013), o fator escala determina o tamanho do objeto a ser criado, onde quanto maior o valor atribuído, maiores e em menor quantidade serão os objetos gerados. O fator peso refere-se ao “peso” ou grau de importância de cada imagem ou banda no processo de segmentação, variando entre 0 e 1, sendo que quanto maior o valor, maior o grau de importância conferida à imagem ou banda, e 0 implica na desconsideração da imagem ou banda no processo (FURTADO; FRANCISCO; ALMEIDA, 2013).

Para aplicar o algoritmo de segmentação pelo método de crescimento de região de Baatz (BAATZ; SHAPE, 2000) ainda é necessário definir um Limiar de Similaridade. Segundo os mesmos autores, este limiar está relacionado ao refinamento do agrupamento dos objetos com base nas suas características, onde um menor valor do limiar de similaridade gera um agrupamento mais refinado quanto às características dos alvos, gerando maiores distinções e resultando, normalmente, em uma maior quantidade de objetos.

O software utilizado para a realização das segmentações da imagem foi o TerraView 5.3.3. A ferramenta aplicada foi a *Segmentação (Processamento>Matricial>Segmentação)*, onde foi selecionado o tipo de segmentação (*Crescimento de Região Baatz*) e definidos os parâmetros.

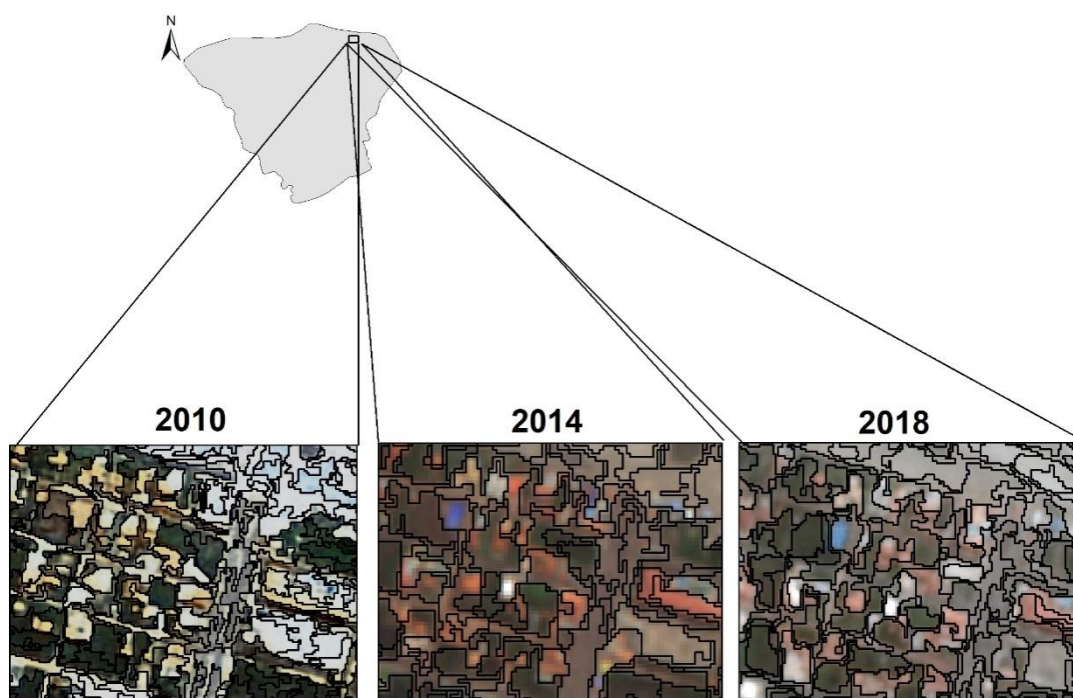
Após vários testes, obtiveram-se valores de parâmetros que apresentaram uma segmentação satisfatória (Quadro 2), com boa delimitação dos alvos/objetos da imagem através de suas formas e cores, para cada ano (Figura 2).

Conforme é observado no quadro 2, os valores dos parâmetros mantiveram-se, quase que em sua totalidade, os mesmos, com exceção do valor do limiar de similaridade da imagem do satélite PlanetScope. Esse valor foi menor que o definido para as outras imagens, o que é justificado pela necessidade de um maior refinamento na imagem PlanetScope em função da maior resolução espacial desta.

Quadro 2 - Parâmetros utilizados nas segmentações das imagens dos anos de 2010, 2014 e 2018.

Ano/Imagem	Limiar de Similaridade	Fator Escala	Fator Cor	Fator Forma (compacidade)	Fator Peso
2010/ SPOT	0,002	100	0,9	0,5	0,25 para banda do vermelho 0,25 para banda do verde 0,25 para banda do infravermelho 0,25 para o SAVI
2014/ RapidEye	0,002	100	0,9	0,5	0,25 para banda do azul 0,25 para banda do verde 0,25 para banda do vermelho 0,25 para o SAVI
2018/ PlanetScope	0,001	100	0,9	0,5	0,25 para banda do azul 0,25 para banda do verde 0,25 para banda do vermelho 0,25 para o SAVI

Figura 2 - Recortes de imagens SPOT (2010), RapidEye (2014) e PlanetScope (2018), com arquivos vetoriais de suas respectivas segmentações.



Fonte: Autora.

Deve ser evitada a supersegmentação e sobresegmentação da imagem. A supersegmentação ocorre quando são gerados dois ou mais segmentos para cada objeto da superfície, de forma desnecessária, podendo causar aumento do tempo de processamento nas etapas posteriores. Enquanto que na sobresegmentação dois ou mais objetos são incluídos em um mesmo segmento, resultando em uma delimitação errônea dos alvos da superfície e em uma

classificação inadequada. Sendo assim, deve-se buscar uma segmentação mais próxima do “ideal”, onde boa parte dos segmentos representem cada alvo (KORTING, 2007).

2.2.3.5 Classificação

Para as classificações GEOBIA, fez-se o uso da plataforma GeoDMA no software TerraView 5.3.3. Antes da classificação propriamente dita, procedeu-se à extração dos atributos dos objetos, gerados pela segmentação a partir da ferramenta *Feature Extraction*.

Os atributos gerados para os objetos levaram em conta as suas características espectrais, espaciais e baseadas na superfície, e foram calculados para todas as bandas da imagem. No total foram gerados 63 atributos, sendo 21 associados a feições espectrais, 17 a feições espaciais e 25 baseados nas características da superfície, os quais estão descritos em DPI/INPE (2017).

Após o cálculo foi gerado outro arquivo com os objetos segmentados, porém agora com as informações dos seus atributos inclusas. A partir deste novo arquivo foi gerada a classificação para cada ano.

No processo de classificação GEOBIA no GeoDMA, o segundo passo é realizar a seleção das amostras (área de treinamento, já que se trata de um tipo de classificação supervisionada). Isso se deu através da ferramenta *Sample Selection*, onde é criada uma coluna de treinamento de classes no arquivo dos objetos, são criadas as classes de interesses e são colhidas amostras representativas para cada classe. A quantidade de amostras por classe depende do tamanho da área de estudo e da quantidade de objetos gerados no processo de segmentação. Com base nos trabalhos de Vieira *et al.* (2012) e Utsumi *et al.* (2017), a quantidade de amostras de treinamento foram na ordem de 16% do total de segmentos. Assim, o cálculo da proporção das amostras de treinamento do algoritmo foi feito com base na quantidade total de segmentos gerados em cada imagem.

O terceiro e último passo do processo de classificação é a aplicação do algoritmo classificador de fato. O algoritmo utilizado foi o *C5.0 Decision Trees*, onde são adotadas as amostras de treinamento e os atributos das feições para a realização da classificação.

Na classificação GEOBIA, o modelo de conhecimento é representado por uma rede semântica, a qual é formada por uma estrutura hierárquica de classes, que estão associadas aos alvos da imagem (FRANCISCO; ALMEIDA, 2012). Quando gerada automaticamente por técnicas de mineração de dados, como no caso do algoritmo citado, dentre diversas formas, as redes semânticas podem ser expressas na forma de árvores de decisão. Estas são representadas

por fluxograma com estrutura de árvore que são traduzidas em regras de classificação, onde se é possível visualizar as decisões do algoritmo para cada definição de classe com base nos valores dos atributos (HAN; KAMBER, 2006).

A plotagem dos resultados espaciais das classificações dos anos de 2010, 2014 e 2018 e a elaboração dos mapas foram realizadas no software ArcGis 10.6.1, e a análise foi desenvolvida na escala 1:60.000.

Após a realização da classificação, erros esperados de confusão entre classes foram corrigidos manualmente, especialmente entre objetos que tem potencial de erro de classificação em função da sua forma e resposta espectral, a exemplo de Dunas e superfícies claras de Área Urbanizada, Vegetação Densa e Sombra de Nuvem, Nuvem e Dunas.

As classes Nuvem e Sombra de Nuvem, que não são consideradas classes de ocupação do solo, foram tratadas e reclassificadas, com o apoio de imagens Sentinel e imagens do Google Earth Pro georreferenciadas, do mesmo ano e mês referente às imagens em estudo, e a partir destas verificou-se o uso do solo existente nestas áreas.

A análise dos resultados foi realizada através da elaboração da Matriz de Detecção de Mudanças (MDM) proposta por Jensen (2005), método quantitativo onde dois mapas são comparados por meio de uma tabulação de base *pixel-a-pixel*, onde as linhas da matriz representam as classes do mapa do ano anterior e as colunas referem-se as do ano posterior. Na diagonal principal da MDM são apresentados os *pixels* que não sofreram alteração, enquanto que no restante da matriz são apresentados os *pixels* que sofreram mudanças (JENSEN, 2005). Foram realizadas duas MDM, uma para a transição 2010-2014 e outra para 2014-2018.

Os resultados da matriz são dados em números de *pixels*, sendo cada *pixel* correspondente a uma área de 1.600 m² (40m x 40m). Esses *pixels* foram gerados após a classificação de todos os segmentos, a partir da conversão automática de polígono para *raster*, e desse modo não representam ou têm ligação com a resolução espacial dos resultados.

2.2.3.6 Validação da classificação



O processo de validação é uma etapa necessária, tendo em vista ser fundamental analisar a acurácia da imagem classificada, de forma estatística, e a eficiência do método de classificação. Neste estudo, foi realizada a validação apenas do mapa de 2018, visto que a verificação em campo ocorreu apenas neste período.

Para a validação da classificação foram verificados pontos da Verdade Terrestre (VT) - pontos em campo - e pontos observados em imagens do Google Earth Pro georreferenciadas,

semelhantemente ao aplicado por Wiggers e Ribeiro (2015). Esses autores utilizaram verificação *in loco* e pontos provenientes de imagens aéreas para compor a sua VT, cruzando esses pontos de referência com as classes mapeadas na área de estudo.

As classes de ocupação da terra que foram analisadas para a validação do mapeamento em Salinópolis, bem como sua representação na imagem de satélite e em campo estão presentes no quadro 3.

Quadro 3 - Classes de ocupação da terra e sua representação na imagem e em campo.

Classe	Representação na imagem*	Representação em campo
Área urbanizada		
Faixa de Praia		
Duna		
Corpo D'água		
Vegetação Densa		

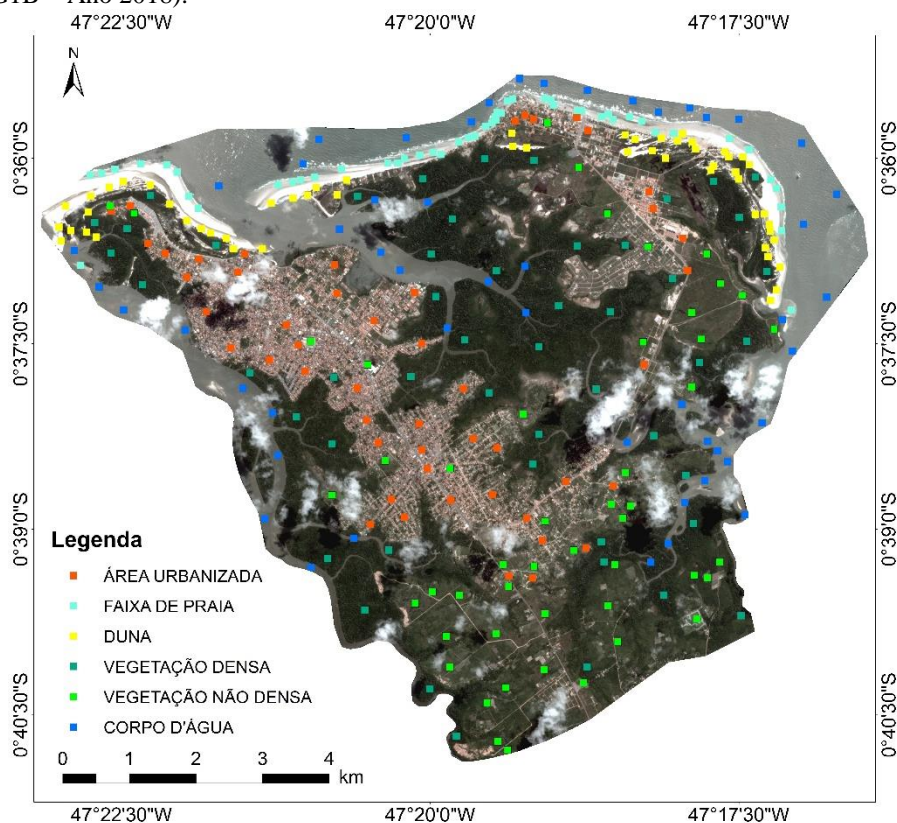


*Visualização na escala 1:10.000 (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B – Ano 2018).

Fonte: Autora.

A definição da quantidade de pontos a serem amostrados para a validação varia de acordo com a área de interesse e com o objetivo do estudo (CONGALTON, 1991; FIGUEIREDO; VIEIRA, 2007). Como forma de manter uma boa representatividade da área de estudo, foi definida uma amostra de 50 pontos por classe, resultando em um total de 300 pontos amostrais (Figura 3). Esses pontos foram superpostos à imagem classificada, gerando uma Matriz de Confusão.

Figura 3 - Distribuição dos pontos amostrais na área de estudo (Datum: Sirgas 2000. Projeção: geográfica. Dados: IBGE e ANA. Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B – Ano 2018).



Fonte: Autora.

Na avaliação da classificação das imagens por Matriz de Confusão, foram identificados os erros de omissão (amostras que não foram classificadas de acordo com as

classes de referência) e os erros de comissão (amostras de referência classificadas erroneamente como pertencentes a outras classes) (FURTADO; FRANCISCO; ALMEIDA, 2013). A matriz é formada por linhas e colunas que representam as unidades de amostras de uma classe definida por um classificador, comparadas com a classe verificada em campo, sendo os elementos da diagonal principal referentes ao nível de acerto entre os dois conjuntos de dados (CONGALTON, 1991). A Matriz de Confusão foi desenvolvida a partir da aplicação da ferramenta *Combine* (*ArcToolbox>Spatial Analyst Tools >Local>Combine*) do ArcGis 10.6.1.

A partir da matriz, calcularam-se os índices de Exatidão Global e o índice Kappa, conforme proposto por Congalton e Green (2009) e também realizado em estudos como o de Queiroz *et al.* (2017).

O índice Kappa é uma medida da concordância real (diagonal principal), subtraída da concordância por chance (produto das linhas e colunas, que não inclui entradas não reconhecidas) e é dado pela expressão a seguir:

$$K = n \frac{\sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+}x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+}x_{+i}}$$

Onde: K é uma estimativa do coeficiente Kappa; x_{ii} é o valor na linha i e coluna i ; x_{i+} e x_{+i} são a soma da linha i e a soma da coluna i da matriz de confusão; n é o número total de amostras e c o número total de classes.

Quanto mais próximo de 1, o valor do índice de Kappa representa maior acurácia e eficiência da classificação. De acordo com Congalton e Green (1999), o valor deste índice pode ser classificado por nível de desempenho (Quadro 4).

Quadro 4 - Índice Kappa e o correspondente desempenho da classificação.

Índice Kappa	Desempenho
< 0	Péssimo
0 < k 0,2	Ruim
0,2 < k 0,4	Razoável
0,4 < k 0,6	Bom
0,6 < k 0,8	Muito Bom
0,8 < k 1,0	Excelente

Fonte: Congalton e Green (1999).

Já a Exatidão Global relaciona os elementos da diagonal principal da matriz de confusão com o total de pontos amostrados (CHUVIECCO, 1995) e é dada pela seguinte expressão:

$$Fm = \frac{\sum x_{ii}}{\sum \sum x_{ij}}$$

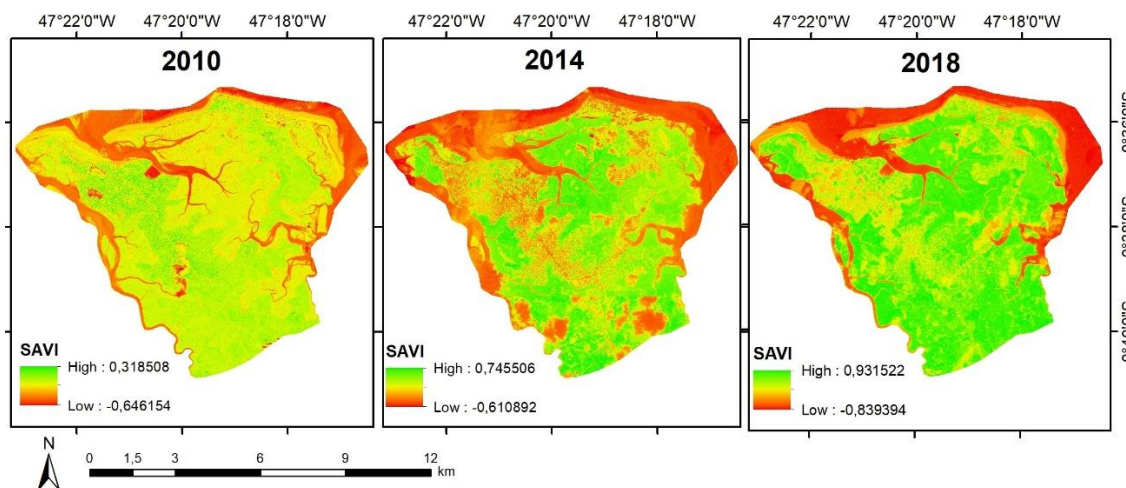
Onde: Fm = Exatidão Global; x_{ii} = elementos da diagonal; $\sum \sum x_{ij}$ = soma dos elementos.

2.3 Resultados

2.3.1 SAVI

Os resultados da aplicação do SAVI às imagens de satélite dos anos de 2010, 2014 e 2018 mostram resultados satisfatórios e coerentes com a área de estudo (Figura 4). Os resultados apresentam, de forma geral, crescimento da amplitude de variação do valor do índice com o passar do tempo, indicando uma maior presença de áreas degradadas geralmente associada à redução da cobertura vegetal, à medida que o índice apresenta valor mais próximo de -1,5, e também áreas com maior densidade de vegetação, caso indicativo de valores mais próximos de 1,5 (SOUSA *et al.*, 2007).

Figura 4 - Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) para os anos de 2010, 2014 e 2018.



Comparando a evolução temporal da área observa-se um aumento da amplitude do intervalo do SAVI com o passar dos anos, com valor mínimo que evoluiu de -0,65 em 2010 para -0,84 em 2018 e valor máximo de 0,32 em 2010 para 0,93 em 2018.

No ano de 2010, na área de estudo, o SAVI apresentou um intervalo de valores entre -0,65 e 0,32, enquanto que para o ano de 2014 o intervalo foi entre -0,61 e 0,74 e para 2018 os valores variaram entre -0,84 e 0,93. Os valores baixos de SAVI, tons próximos ao vermelho, estão associados a regiões com pouca ou nenhuma vegetação, a exemplo das áreas de Corpo

D'água, Nuvem e parte da Área Urbanizada na imagem. Já os valores altos de SAVI, cujas áreas apresentam tonalidades próximas ao verde, referem-se a áreas com alta incidência de vegetação, a exemplo das áreas de floresta e mangue na imagem. Enquanto que os valores intermediários, que representam tons próximos ao amarelo, estão associados a áreas com vegetação esparsa.

2.3.2 Classificação GEOBIA

A partir da análise espacial dos mapas observa-se a intensificação da urbanização no município de Salinópolis-PA, tanto em direção ao continente quando em direção à costa, além da redução das regiões de Vegetação Densa e Dunas, e substituição de áreas de Vegetação Não Densa por Área Urbanizada, processos comuns na expansão urbana (Figura 5). A classificação pode ser observada em maior escala no Apêndice A. Essas tendências são confirmadas na tabela 5, onde se apresenta, numericamente, a variação das áreas das classes de ocupação da terra ao longo dos anos de análise.

Com base nos dados da tabela 1 e nos resultados das classificações, observa-se um comportamento esperado na dinâmica de ocupação do município, marcado pela substituição de áreas naturais por áreas modificadas, resultantes da expansão urbana (MARINHO, 2009; RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

As mudanças mais expressivas foram verificadas na classes de Vegetação Não Densa e Dunas, com padrão de redução, e em Área Urbanizada, com aumento. A classe de Vegetação Não Densa apresentou uma redução discreta do ano de 2010 (19,69 km²) para o ano de 2014 (18,13 km²), e uma redução mais significativa de 2014 para 2018 (13,7 km²). A área de Dunas, por sua vez, sofreu considerável redução entre os anos de 2010 e 2014, de 3,95 km² para 1,04 km², enquanto que a variação para 2018 (1,0 km²) foi mais leve. De forma contrária, a variação de Área Urbanizada foi de constante crescimento, de 12,56 km² em 2010, para 14,02 km² em 2014, chegando a 19,7 km² em 2018.

As áreas de Vegetação Densa, representada por florestas e manguezais, apresentaram uma leve variação ao longo dos anos (23,07 km² em 2010, 24,04 km² em 2014 e 22,9 km² em 2018). Mudanças nessas áreas podem ser resultado tanto de ação humana, oriunda do desflorestamento e o estabelecimento de estruturas urbanas, quanto de perdas naturais, relacionadas à erosão resultante da ação de ondas e marés, o que leva ao soterramento das raízes por sedimentos provenientes da plataforma continental interna e à morte de manguezais (NASCIMENTO JR. *et al.*, 2012).

Figura 5. Classificação de ocupação da terra para o ano de 2010, 2014 e 2018

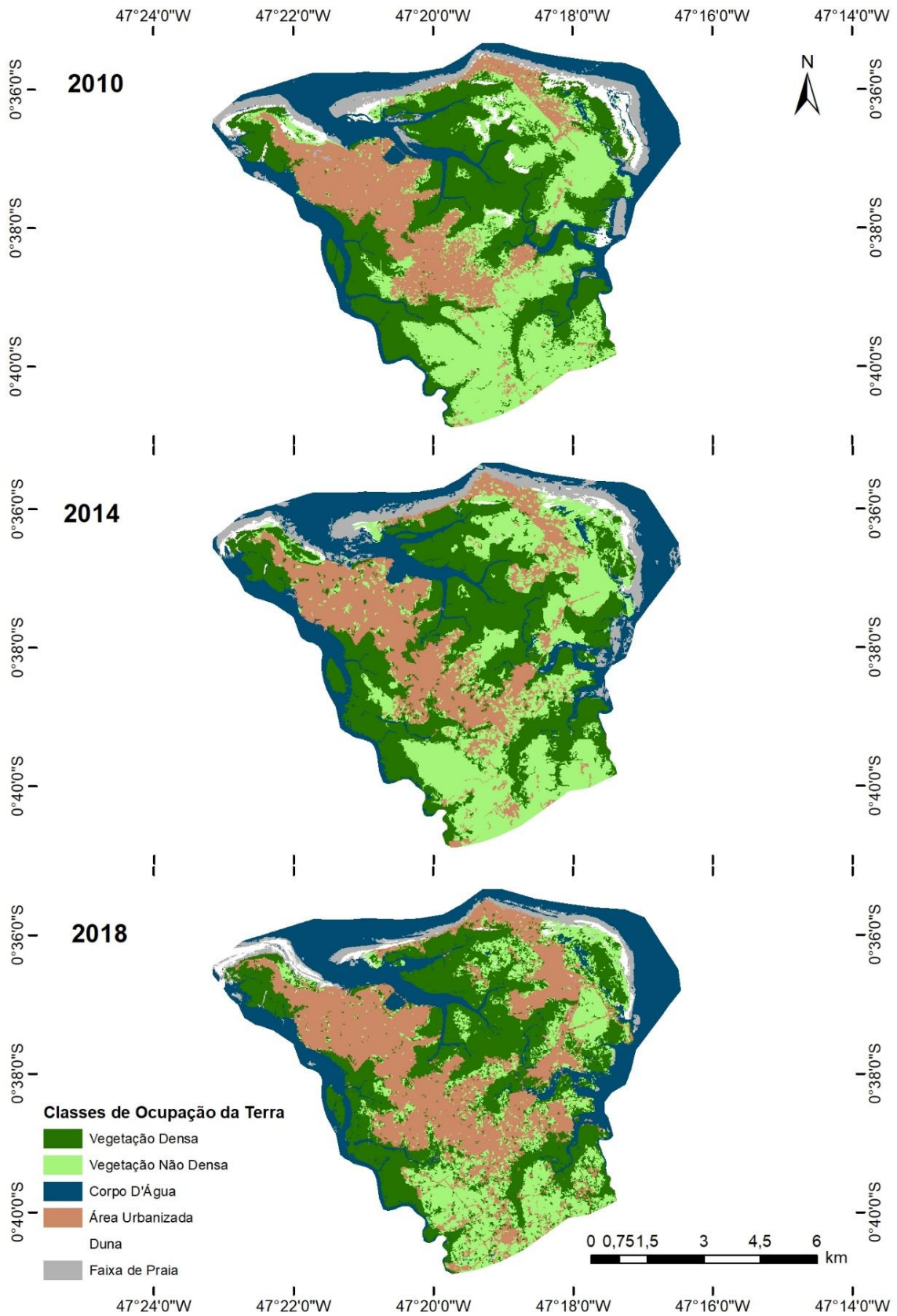


Tabela 1 - Variação da área das classes de ocupação da terra entre os anos de 2010, 2014 e 2018.

Classe	Área					
	2010		2014		2018	
	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)
Vegetação Densa	23,07	30,39	24,04	31,67	22,9	30,17
Vegetação Não Densa	19,69	25,94	18,13	23,88	13,7	18,05
Corpo D'água	14,25	18,77	14,14	18,63	16,1	21,21
Área Urbanizada	12,56	16,55	14,02	18,47	19,7	25,96
Duna	2,38	3,14	1,04	1,37	1,0	1,32
Faixa de Praia	3,95	5,20	4,53	5,97	2,5	3,29

Quanto às áreas de Corpo D'água e Faixa de Praia, observou-se que, nas análises de 2010, 2014 e 2018, enquanto a área de Faixa de Praia aumenta a área de Corpo D'água diminui (tabela 1) e vice-versa. A classe de Corpo D'água apresentou uma discreta redução entre os anos de 2010 e 2014 (de 14,25 km² para 14,14 km²) e aumentou consideravelmente em 2018 (16,1 km²). Por sua vez, a classe de Faixa de Praia sofreu um leve aumento entre 2010 e 2014 (de 3,95 km² para 4,53 km²) e uma redução mais expressiva no ano de 2018 (2,5 km²).

Esse comportamento de transição entre as áreas das classes pode ser visualizado ao avaliar as Matrizes de Detecção de Mudança entre os anos 2010-2014 e 2014-2018 (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Matriz de Detecção de Mudança entre os anos de 2010 e 2014. Cada *pixel* corresponde a uma área de 1.600 metros quadrados (40m x 40m).

Classificações	2010						Totais	Mudanças (%)	
	VD ¹	VND ²	CD ³	AU ⁴	D ⁵	FP ⁶			
2014	VD	11468	1726	368	496	190	17	14265	19,61
	VND	1521	7971	116	807	615	46	11076	28,03
	CD	462	83	7046	29	140	654	8414	16,26
	AU	277	1851	37	6087	54	42	8348	27,08
	D	30	11	35	3	357	185	621	42,51
	FP	24	34	834	51	351	1410	2704	47,86
Totais	13782	11676	8436	7473	1707	2354	45428		
Mudanças (%)	16,79	31,73	16,48	18,55	79,09	40,10			

¹VD: Vegetação Densa (florestas)

²VND: Vegetação Não Densa (restinga, capoeira e campos naturais)

³CD: Corpo D'água (mar, rios e lagoas)

⁴AU: Área Urbanizada (áreas pavimentadas, construções e solo exposto)

⁵D: Dunas

⁶FP: Faixa de Praia

Avaliando as MDMs, pode-se destacar que a classe que apresentou a maior porcentagem de mudança foi a de Duna, tanto entre 2010 e 2014 quanto entre 2014 e 2018, chegando a uma mudança de 79% no ano de 2014. Ao observar as células marginais da matriz, que correspondem às células de mudança entre classes, verifica-se que a maior parte das áreas de dunas foram convertidas em Faixa de Praia e Vegetação Não Densa.

Tabela 3 - Matriz de Detecção de Mudança entre os anos de 2014 e 2018. Cada *pixel* corresponde a uma área de 1.600 metros quadrados (40m x 40m).

Classificações	2014						Totais	Mudanças (%)	
	VD ¹	VND ²	CD ³	AU ⁴	D ⁵	FP ⁶			
2018	VD	10776	2044	433	408	17	19	13697	21,33
	VND	1843	5644	33	403	95	56	8074	30,10
	CD	571	131	7519	44	5	1269	9539	21,18
	AU	960	3092	110	7452	24	55	11693	36,27
	D	36	86	75	18	282	367	864	67,36
	FP	79	79	191	23	198	937	1507	37,82
Totais	14265	11076	8361	8348	621	2703	45374		
Mudanças									
(%)	24,46	49,04	10,07	10,73	54,59	65,33			

¹VD: Vegetação Densa (florestas)

²VND: Vegetação Não Densa (restinga, capoeira e campos naturais)

³CD: Corpo D'água (mar, rios e lagoas)

⁴AU: Área Urbanizada (áreas pavimentadas, construções e solo exposto)

⁵D: Dunas

⁶FP: Faixa de Praia

Se tratando da Vegetação Densa, classe dominante da área de estudo, apresentou pouca variação ao longo dos anos. A transição mais expressiva da área de Vegetação Densa foi para áreas de Vegetação Não Densa, seguida pela transição da área de Vegetação Densa para Área Urbanizada entre os anos de 2014 e 2018, ambas explicadas pelo aumento da interferência antrópica e a consequente perda de densidade de indivíduos arbóreos/arbustivos e aumento da exposição do solo e pela expansão urbana, principalmente na região central da área de estudo e próximo à entrada da Ilha do Atalaia, devido às grandes obras de infraestrutura instaladas nessa região (BRAGA; PIMENTEL, 2019).

Com relação à Vegetação Não Densa, a transição de maior destaque nas duas matrizes se dá com a classe de Vegetação Densa. Outra transição expressiva, como era esperado, é para a classe de Área Urbanizada, devido a dinâmica de expansão urbana no município (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015). A Área Urbanizada apresentou uma taxa de mudança (conversão de área urbana em outros ambientes) relativamente baixa, especialmente associada à confusão de detecção de alvos pelo algoritmo classificador, tendo em vista à baixa possibilidade de

conversão de área urbanizada nas demais classes de ocupação da terra de características naturais envolvidas neste trabalho. Dificilmente ocorreram substituições reais de Área Urbanizada por áreas de Vegetação Não Densa, Dunas e Faixa de Praia e seria impossível a substituição por áreas de Vegetação Densa e Corpo D'água.

Quanto às classes de Corpo D'água e Faixa de Praia, verifica-se na matriz 2010-2014 um aumento na transição de área de Corpo D'água para Faixa de Praia e na matriz 2014-2018 uma transição maior de Faixa de Praia para Corpo D'água.

2.3.3 Validação da Classificação

A avaliação da qualidade de classificação a partir da Matriz de Confusão (Tabela 4) permitiu observar e avaliar os acertos e divergências ocorridas entre as classes temáticas. As células da diagonal principal correspondem aos acertos, enquanto que as células marginais das linhas indicam os objetos que não foram incluídos em determinada classe (erro de omissão) e as células marginais nas colunas representam os objetos que foram inseridos em dada classe erroneamente (erro de comissão) (CHUVIECCO, 1995).

Tabela 4 - Matriz de Confusão para a classificação de ocupação da terra para o ano de 2018.

Classes	Dados de Referência						Total
	VD ¹	VND ²	CD ³	AU ⁴	D ⁵	FP ⁶	
VD	48	6	0	0	0	0	54
VND	1	28	0	0	5	1	35
CD	1	0	50	0	0	3	54
AU	0	16	0	50	3	0	69
D	0	0	0	0	36	0	36
FP	0	0	0	0	6	46	52
Total	50	50	50	50	50	50	300
Erro de Comissão (%)	11,1	20	7,4	27,5	0	11,5	
Erro de Omissão (%)	4	44	0	0	28	8	
Índice Kappa	0,83						
Exatidão Global	0,86						

¹VD: Vegetação Densa (florestas)

²VND: Vegetação Não Densa (restinga, capoeira e campos naturais)

³CD: Corpo D'água (mar, rios e lagoas)

⁴AU: Área Urbanizada (áreas pavimentadas, construções e solo exposto)

⁵D: Dunas

⁶FP: Faixa de Praia

Observa-se que do total de 300 amostras de referência coletadas houveram 258 acertos (86% de acertos), sendo as classes de Corpo D'água e Área Urbanizada as de maior acerto, apresentado um erro de omissão de 0%, e as classes de Vegetação Não Densa e Dunas de menor acerto, com erros de omissão de 44 % e 28%, respectivamente. Isso se deu pela confusão de

classificação da VND com AU, especialmente devido pela forma e textura de parte dos objetos, e pela confusão de D com FP, em função da resposta espectral semelhante, o que já era esperado.

A matriz de confusão também fornece informações acerca de objetos de outra classe que foram classificados erroneamente como de uma dada classe analisada (erros de comissão). Conforme é verificado ocorreu um erro de comissão expressivo para a classe AU (27,5%), onde objetos de outras classes, a exemplo de VND, foram classificados como AU. Isso pode ser observado também com a classe VND, que apresentou um erro de comissão de 20%, mostrando confusão com as classes de VD, D e FP.

No geral, os resultados da matriz indicam boa concordância entre a classificação do mapa e os dados de referência, apresentando um índice de Exatidão Global de 0,86 e um índice Kappa de 0,83, apontando uma qualidade de classificação excelente, de acordo com Congalton e Green (1999).

2.4 Discussão

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) é um importante passo para o estabelecimento de um modelo global simples que pode descrever o sistema dinâmico solo-vegetação nos dados de sensoriamento remoto (OLIVEIRA, 2008).

Analisando espacialmente e temporalmente os resultados do índice SAVI para a área de estudo observou-se, primeiramente, uma representatividade satisfatória e coerente com a superfície. Além disso, verificou-se um aumento da amplitude do intervalo do índice com o passar dos anos, com valor mínimo que evoluiu de -0,65 em 2010 para -0,84 em 2018 e valor máximo de 0,32 em 2010 para 0,93 em 2018. Quando os valores se aproximam de -1,5 indica que a área apresenta um aumento de regiões com nível de degradação grave, geralmente associada à redução da cobertura vegetal, e quando se aproxima de 1,5 indica áreas com maiores densidades de vegetação (SOUSA *et al.*, 2007).

Ao analisar os mapas, é possível observar um aumento de áreas de degradação (tonalidades próximas ao vermelho) nos anos de 2014 e 2018 comparados ao ano de 2010, o que era esperado, tendo em vista a intensificação da urbanização e redução de cobertura vegetal. No entanto, aparentemente, o ano de 2014 apresentou espacialmente maior distribuição de áreas em vermelho, o que está relacionado a uma maior incidência de nuvens, que reflete uma resposta do SAVI com valores negativos associados a áreas sem vegetação, como foi também

observado em outros estudos (BORATTO; GOMIDE, 2013; DERMACHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011; BILAR; PIMENTEL; CERQUEIRA, 2018).

Este resultado pode ser explicado também pelo comportamento climático nos anos de estudo. No ano de 2018, o verde mais intenso pode ser justificado por este ser um ano mais úmido (La Niña Moderada, segundo CPTEC (2020)), comparado a 2010 e 2014, com uma precipitação anual acumulada de 3.247 mm, enquanto que a precipitação acumulada de 2010 foi de 2.440 mm e a de 2014 foi 2.831 mm (dados climáticos provenientes da torre micro meteorológica instalada no município de Salinópolis-PA, sob controle do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - Projeto LBA). A umidade na superfície altera a resposta espectral dos alvos da imagem, apresentando no período úmido maior amplitude de valores quando comparado ao período seco, resultado associado ao estresse hídrico da vegetação, conforme observado por Boratto e Gomide (2013) e Bilar, Pimentel e Cerqueira (2018), tendo, este último, mostrado a grande sensibilidade do SAVI e outros índices de vegetação às variações do regime pluviométrico em função da inserção da banda do infravermelho próximo na análise.

Os resultados da classificação da ocupação da terra em Salinópolis apresentaram conformidade com os do SAVI, apontando uma considerável conversão de áreas naturais para áreas antropizadas resultante da expansão urbana, a qual, muitas vezes, vem atingindo áreas legalmente protegidas. De acordo com Brito (2004), alguns fatores têm contribuído para esse comportamento de aceleração do processo de urbanização em Salinópolis, estes são: o aumento do fluxo da população flutuante, o aumento das residências de veraneio (segunda residência), o desenvolvimento da infraestrutura pelo Estado, o projeto Agro-Industrial de Salinópolis S/A (AGRISAL), a doação de terras públicas pelo governador Alacid Nunes, o crescente melhoramento da infraestrutura local e a instalação de grandes empreendimentos. As correspondências entre os resultados do SAVI do ano de 2010 com as classes de ocupação foram menos satisfatórias quando comparadas aos outros anos.

Uma das classes onde foram verificadas reduções mais expressivas de área foi a de Vegetação Não Densa, o que pode ser explicado por dois fatores. O primeiro deles se dá pelo resultado da conversão de áreas anteriormente destinadas à produção agrícola pelo projeto AGRISAL em áreas com estruturas urbanas, as quais avançaram, como observado, principalmente sobre essas regiões. O segundo refere-se à redução das áreas de restinga (consideradas como Área de Preservação Permanente – Lei N° 12.651/2012), que se dá tanto

pela ação humana sobre essas áreas, com o estabelecimentos de estruturas urbanas, como por fatores naturais.

A dinâmica natural de estabelecimento das restingas na Amazônia, de acordo com Amaral *et al.* (2008) depende dos seus tipos de formações vegetais (halófila, psamófila reptante, brejo herbáceo, campo de dunas, formação aberta de moitas e floresta de restinga) e do padrão de ocorrência (feições embrionárias ou de estabelecimento, intermediária ou de transição e de consolidação). As vegetações do padrão embrionário ou de estabelecimento, comumente representado por halófilas, psamófila reptante e brejo herbáceo, localizadas mais próximas à praia (0 a 30 metros), estão sob influência direta das marés, ondas e ventos, podendo apresentar, dessa forma, um desenvolvimento efêmero e de permanência precária. Devido a essas características, essas formações, influenciadas pela dinâmica costeira da região, podem ter sido removidas da costa com o passar dos anos, o que também explica a redução da classe de Vegetação Não Densa em 2014 e 2018. Os padrões intermediário e de consolidação, podendo apresentar todas as formações vegetais, apresentam maior estabilidade de desenvolvimento e são mais influenciadas pelo regime pluviométrico e pelo solo. Esses últimos dificilmente são reduzidos por fatores naturais relacionados diretamente à dinâmica costeira, tendo a ocupação humana como um dos principais interferentes (AMARAL *et al.*, 2008).

Essa redução de vegetação de restinga pode trazer prejuízos à região, tendo em vista que esta é responsável por assegurar o balanço do ecossistema, bem como de outras espécies vegetais importantes para a economia, medicina, alimentação e beleza do ambiente (MACIEL-SILVA *et al.*, 2018).

De forma semelhante, a redução da área de Dunas, que foi constante no período de análise, está associada à ocupação mais próxima às praias, especialmente por segundas residências, pousadas e restaurantes, influenciada pelo turismo, como também observado em diversos estudos no local (MARINHO, 2009; RANIERI; EL-ROBRINI, 2016; BRAGA; PIMENTEL, 2019). Esse comportamento de redução é observado, apesar de estudos, como o de Braga e Pimentel (2019), apresentarem tendência de progradação e expressivo ganho sedimentar nas praias de Salinópolis, principalmente nas praias do Maçarico e Corvina, o que contribuiu para a formação de dunas. No entanto, o processo de urbanização da costa, especialmente no Farol Velho e Atalaia, afetou essa tendência, resultando em pontos de retrogradação marcados por erosão costeira (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015; BRAGA; PIMENTEL, 2019). E essa questão da expansão urbana nas praias pode explicar a dinâmica evidenciada nas classificações, especialmente no últimos anos.

A redução de áreas de Dunas impacta diretamente na conservação de Áreas de Preservação Permanente, por ter significativo papel de defesa natural no continente, além de ajudar contra a erosão costeira (RANIERI, 2014).

De acordo com a análise da MDM, tanto para 2010-2014 quanto para 2014-2018, verificou-se que a maior parte das áreas de Dunas foram convertidas em Faixa de Praia e Vegetação Não Densa.

A mudança na proporção da detecção entre áreas de Dunas e Vegetação Não Densa pode ser explicada pela presença de vegetação típica de restinga que são estabelecidas nos ambientes de dunas, principalmente as vegetações de padrão de ocorrência embrionário ou de estabelecimento, as quais são diretamente afetadas pela dinâmica costeira (AMARAL *et al.*, 2008).

Já a transição entre áreas de Dunas e Faixa de Praia é explicada pela modificação e remoção de áreas de Dunas para dar lugar a estruturas urbanas e pelo consequente avanço do mar. Além deste, fatores naturais de comportamento atmosférico e de marés também podem contribuir para a remoção dessas regiões, por eventos de erosão costeira (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016).

O aumento progressivo da Área Urbanizada, por sua vez, é compatível com a dinâmica de ocupação do território em áreas costeiras, influenciada, na região, significativamente pelo turismo e marcada por uma ocupação desordenada que ocorre desde a década de 70 e intensificada nos últimos anos, direcionada expressivamente às praias. Esse avanço da urbanização e seus processos de interferência no meio físico, principalmente na costa do município, podem causar alterações da linha de costa (linha móvel que delimita o contato oceano-continente) e problemas ambientais, a exemplo de erosões, assoreamentos, disposição incorreta de resíduos sólidos e esgotos, contaminação de águas subterrâneas, conflitos fundiários e crescente ocupação irregular em áreas de risco (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015).

Quanto às áreas de Vegetação Densa, onde foi evidenciado um leve aumento no ano de 2014, comparado ao de 2010, e uma leve redução em 2018, algumas discussões são pertinentes. De acordo com Nascimento Jr. *et al.* (2012), em estudo de mapeamento de manguezais realizado na costa do nordeste paraense e em parte do estado do Maranhão de 1996 a 2008, foi verificado que, apesar da pressão humana e perdas naturais dessas áreas, houve um aumento dos manguezais, resultado da tendência de progradação na costa, que sugere a ocorrência de salinização nos cursos superiores do estuário, gerando ambientes propícios ao seu

estabelecimento. Este fator pode justificar o aumento evidenciado na classificação de ocupação do município de Salinópolis no ano de 2014.

Quanto à redução apresentada em 2018, esta é compreensível em virtude do movimento de urbanização nos últimos anos, principalmente da ilha do Atalaia, com as grandes obras de infraestrutura e empreendimentos, os quais muitas vezes atingem áreas de manguezais (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015; RANIERI; EL-ROBRINI, 2016; BRAGA; PIMENTEL, 2019).

Os manguezais também são legalmente protegidos e a sua redução pode trazer consequências graves para o ambiente, localmente e globalmente, tendo em vista que esses ecossistemas oferecem serviços fundamentais para a população local, além de serem grandes armazenadores de carbono, atuarem como habitat de espécies marinhas, inclusive importantes economicamente, e servirem para a atenuação da erosão costeira (NASCIMENTO JR. *et al.*, 2012).

Dentre as transições de áreas de Vegetação Densa, observadas nas matrizes de mudança, as mais significantes foram as para Vegetação Não Densa e para Área Urbanizada, principalmente entre 2014 e 2018. Esse comportamento pode ser justificado pela comum abertura de áreas para a expansão agropecuária e urbana (NASCIMENTO JR. *et al.*, 2012), mas também pode ser explicado, no caso de conversão para Vegetação Não Densa, pela confusão de detecção do algoritmo classificador, especialmente em áreas mistas onde se encontram fragmentos menores dessas classes. Essa confusão de detecção também pode explicar, de forma inversa, a expressiva conversão de áreas de Vegetação Não Densa por Vegetação Densa observada nas matrizes.

Analisando as áreas das classes de Corpo D'água e Faixa de Praia, observou-se que, nas análises de 2010, 2014 e 2018, enquanto a área de Faixa de Praia aumenta a área de Corpo D'água diminui e vice-versa, fato que pode ser explicado pelo comportamento da maré, onde na baixa mar a faixa de praia fica mais exposta e na preamar fica menos exposta. Esse comportamento foi evidenciado na análise das MDMs, onde na matriz 2010-2014 ocorreu um aumento na transição de área de Corpo D'água para Faixa de Praia e na matriz 2014-2018 ocorreu o inverso.

Além disso, a variação dessas classes podem ser analisadas separadamente. Na classe de Corpo D'água observou-se um aumento significativo no ano de 2018, comparado aos anos de 2010 e 2014. Isso se justifica também pelo comportamento da precipitação dos períodos de análise, a qual se apresentou significativamente superior do ano de 2018 (ano de La Niña

Moderada, segundo CPTEC (2020)), com uma precipitação anual acumulada de 3.247 mm, enquanto que a precipitação acumulada de 2010 foi de 2.440 mm e a de 2014 foi 2.831 mm (dados climáticos provenientes da torre micro meteorológica instalada no município de Salinópolis-PA, sob controle do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - Projeto LBA), resultando em um aumento da área de lagos. Em 2010, a área em um lago na área de estudo, por exemplo, era de 0,10 km², em 2014 passou para 0,15 km², enquanto que para o ano de 2018 foi de 0,19 km².

A variação da Faixa de Praia, por sua vez, pode ser explicada pela dinâmica costeira de orlas marítimas, naturalmente vulneráveis a fenômenos naturais, como erosão, acresção, inundação costeira, ventos e marés, resultando em distinções em sua extensão ao longo do tempo (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016; BRAGA; PIMENTEL, 2019). No estudo realizado por Braga e Pimentel (2019) foi verificada uma tendência de progradação na costa de Salinópolis e um alargamento da faixa das praias até o ano de 2016, no entanto, em uma projeção realizada para 2100, resultante do aumento de um metro do nível do mar, indicou uma tendência expressiva de retrogradação, o que já pode estar acontecendo na área de estudo. Assim, essa avaliação apresentada no estudo pode justificar o comportamento observado nas classificações, indicando um aumento da faixa de praia em 2014 e uma redução em 2018.

Apesar deste trabalho apresentar uma análise recente da ocupação da terra no município de Salinópolis-PA, ainda são observados traços do histórico de ocupação dessa região, marcado pelo incentivo agrícola e ao turismo (MARINHO, 2009).

Essa dinâmica de ocupação vem se intensificando também devido ao estabelecimento de grandes projetos de urbanização, loteamentos e grandes empreendimentos, como parques aquáticos e *resorts*, com destaque para a Ilha do Atalaia (SOUZA, 2014).

Um dos grandes problemas associados a essa dinâmica está em que a urbanização intensa e não planejada sobre ambientes naturais são uma ameaça à qualidade ambiental e sustentabilidade econômica e de vidas dos indivíduos (SOUZA, 2009), visto que o aumento da área urbanizada provoca a diminuição da fauna, flora e tem influência direta na diminuição da qualidade e quantidade em práticas tradicionais, como a pesca (ABREU; VASCONCELOS; ALBUQUERQUE, 2017).

Estas questões se tornam mais preocupantes ao levar em consideração que a área de estudo se encontra em uma região vulnerável a fenômenos naturais associados à dinâmica costeira, a exemplo de processos erosivos, inundação costeira, marés meteorológicas, entre outros (BRAGA; PIMENTEL, 2019).

Unido à esta ocupação territorial irregular, especialmente sobre áreas de manguezal, dunas, falésias e de várzea, e à deficiência de serviços públicos básicos, ocorre uma gestão costeira insatisfatória pelo poder público do estado do Pará, o que afeta a execução dos Programas Estaduais de Gerenciamento Costeiros e o estabelecimento efetivo dos Planos Diretores Municipais (PEREIRA *et al.*, 2009).

Valores de índice Kappa semelhantes foram encontrados em trabalhos que adotaram o método de classificação GEOBIA para a avaliação do uso e cobertura da terra, como em Vieira *et al.* (2012), com valor de 0,87, Furtado, Francisco e Almeida (2013), de 0,73, e Kux e Meneghetti (2015), entre outros, comprovando a sua eficiência.

2.5 Conclusão

A utilização da classificação pelo método GEOBIA em imagens de alta resolução espacial permite uma definição de classes com alto índice de acerto, com qualidade de classificação excelente, o que foi confirmado com os resultados dos índices de Exatidão Global de 0,86 e Kappa de 0,83. Isso oferece significância aos resultados obtidos neste trabalho e suas discussões se dão pela boa classificação da ocupação da terra do município de Salinópolis a partir da adoção correta do método, adequação de parâmetros e pela alta resolução espacial e espectral das imagens utilizadas, fornecendo mapas temáticos mais acurados.

O resultado dos mapeamentos representaram a realidade da área de estudo nos anos estudados de forma bastante satisfatória. A partir dos resultados espaciais, quantificação das áreas, realização e avaliação da Matriz de Detecção de Mudança foi possível analisar espacialmente e temporalmente a área de estudo, fornecendo indicativos de sua dinâmica ao longo do tempo.

Apesar de as imagens de análise apresentarem resoluções diferentes e gerarem resultados também em resoluções distintas, a escala de trabalho de 1:60.000 não exigiu a reamostragem das imagens, resultando ainda em produtos adequados.

Foi evidenciado, ao longo dos anos de análise, uma discreta variação da classe de Vegetação Densa (florestas e manguezais), aumentando ligeiramente no ano de 2014 e reduzindo em 2018, como consequência de processos naturais associados a progradação da costa e processos antrópicos relacionados a expansão urbana.

A classe de Vegetação Não Densa, onde são incluídas as vegetações de restinga, sofreram constante queda de 2010 a 2018. Essa dinâmica foi associada à expressiva conversão dessas áreas para Área Urbanizada e à remoção de vegetação de restinga de padrão de

estabelecimento (0 a 30 metros do contato com o mar), a qual é diretamente afetada pela dinâmica costeira (vento, correntes e marés). Reduções também foram observadas na classe de Duna, resultantes dos mesmos fatores, ocupação humana e da dinâmica costeira.

Como era esperado, a Área Urbanizada apresentou um crescimento ao longo dos anos, em função do processo de expansão urbana tanto em direção ao continente quando em direção à costa.

Variações nas classes de Corpo D'água e Faixa de Praia foram justificadas pelo comportamento de preamar e baixa mar e pela variação de linha de costa ao longo dos anos. O aumento da área da classe de Corpo D'água no ano de 2018, foi ainda explicado pelo aumento da precipitação anual acumulada, o que aumentou as áreas de lagos.

Agradecimentos

Agradecimento à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (EMATER-PARÁ), especialmente o setor de Geotecnologias, pelo fornecimento das imagens de alta resolução espacial utilizadas neste trabalho. Nossos agradecimentos também ao Programa LBA (Programa de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia), coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pelo uso e disponibilização dos dados, suporte logístico e infraestrutura durante as atividades de campo.

Referências

ABREU, F. L.; VASCONCELOS, F. P.; ALBUQUERQUE, M. F. C. A Diversidade no Uso e Ocupação da Zona Costeira do Brasil: A Sustentabilidade como Necessidade. **Revista Conexões -Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 11, n. 5, p. 8-16, 2017.

ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G.; SOUZA, I. M. Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens Landsat. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba v. 15, n. 1, p. 120-141, 2009.

AMARAL, D. D.; PROST, M. T.; BASTOS, M. N. C.; COSTA NETO, S. V.; SANTOS, J. U. M. Restingas do litoral amazônico, estados do Pará e Amapá, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 3, n. 1, p. 35-67, 2008.

BAATZ, M.; BENZ, U.; DEGHANI, S.; HEYNEN, M.; HÖLTJE, A.; HOFMANN, P.; LINGENFELDER, I.; MIMLER, M.; SOHLBACH, M.; WEBER, M.; WILLHAUCK, G. **e-Cognition Professional User Guide 4**. München, Germany: Definiens Imaging GmbH, 2004. 486 p.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. (eds.). **Angewandte**

Geographische Informationsverarbeitung. XII Beiträge zum AGIT Symposium Salzburg. Karlsruhe: Herbert Wichmann Verlag, 2000. p. 12–23.

BENZ, U. C.; HOFMANN, P.; WIKKHAUCK, G.; LINGENFELDER, I.; HEYNEN, M. multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GISready information. **Photogrammetry & Remote Sensing**, Alberta, v. 58, p. 239- 258, 2004.

BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.** 2006.Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2006.

BILAR, A. B. C.; PIMENTEL, R. M. M.; CERQUEIRA, M. A. Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 68, p.236-259, set./dez, 2018.

BOGGIONE, G. A. **Restauração de imagens do satélite LANDSAT-7.** 2003. (INPE10462-TDI/929). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, São Paulo, 2003.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: INPE, p. 7345 – 7352.

BRAGA, R. C.; PIMENTEL, M. A. S. Índice de vulnerabilidade diante da variação do nível do mar na Amazônia: estudo de caso no município de Salinópolis-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.12, n.02,p. 534-561, 2019.

BRITO, F. M. O. **Salinópolis-PA: (Re) Organização Sócio-Espacial de um Lugar Atlântico-Amazônico.** 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CHUVIECCO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial.** 2 ed. Madri, España: Ediciones Rialp, 1995. 449p.

COHENCA, D. **Modelagem de Cenários de Ocupação no Litoral Sul de Santa Catarina utilizando técnicas de Análise Geoespacial.** 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia).Universidade Federal de Santa Catarina,Florianópolis, 2016.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 49 n. 12, p. 1671-1678, 1991.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices.** Boca Raton, United States: Lewis Publishers, 1999. 137p. ISBN: 978-1-4200-5512-2

CONGALTON, R.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data - Principles and Practices.** Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009. 183p.

COSTA JÚNIOR, P. S.; COSTA, J. B.; BORGES, M.; BEMERGUY, R. L.; FERNANDES, J. M. Aspectos geológico-ambientais do litoral do Município de Salinópolis, NE do Estado do Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia-SBG/SP. 37., 1992. São Paulo. **Boletim de resumos expandidos**. São Paulo: SBG, 1992. v. 1, p. 46.

CPTEC –Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ INPE. **EL NIÑO E LA NIÑA: Monitoramento do El Niño durante o NDJ-2019/2020**. 2020. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 04 abr. 2020.

DERMACHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens LANDSAT-5. **RAEGA**, Curitiba, v. 21, p. 234-271, 2011.

DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS (DPI)/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **GeoDMA Features**. 2017. Disponível em: http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=geodma_2:features. Acesso em: 15 abr. 2020.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 13., 2007. Florianópolis. **Anais**[...]. Florianópolis: INPE, 2007, p. 5755-5762.

FRANCISCO, C. N., ALMEIDA, C. M. Data Mining Techniques and Geobia Applied to Land Cover Mapping. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON GEOGRAPHIC OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS, 4., 2012, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. São José dos Campos: INPE, 2012. p. 89-94.

FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. Avaliação de desempenho de atributos estatísticos e texturais em uma classificação de cobertura da terra baseada em objeto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 302-326, 2012.

FURTADO, L. F. A.; FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Análise de Imagem baseada em Objeto para Classificação das Fisionomias da Vegetação em Imagens de Alta Resolução Espacial. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n.3, p.441-451, 2013.

GLEYZES, J.P; MEYGRET, A.; FRATTER, C.; PANEM, C.; BAILLARIN S.; VALORGE, C. SPOT5: system overview and image ground segment. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 3., 2003, Toulouse. **Anais** [...]. Toulouse: IGARSS, 2003. p. 300-302.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital Image Processing. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001. 793 p.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and Techniques**. San Francisco: Morgan Kaufman Publisher, 2006. 743p.

HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 25, n. 3, p.205-309, 1988.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. **Malhas municipais** – Download Geociências. Disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em: 24 de jul. 2019.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 3ª ed. EUA: Pearson Education, 2005. 603 p.

KAR, R.; OBI REDDY, G. P.; KUMAR, N; SINGH, S. K. Monitoring spatio-temporal dynamics of urban and peri-urban landscape using remote sensing and GIS—A case study from Central India. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 401-411, 2018.

KORTING, T. S. **Um paradigma para re-segmentação de imagens de alta resolução**. 2007. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2007.

KUX, H. J. H.; MENEGHETTI, G. T. Imagens de altíssima resolução espacial, GEOBIA e Mineração de Dados para o mapeamento detalhado de cobertura da terra em ambientes costeiros, área-teste: Raposa (MA). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. 17., 2015, João Pessoa. **Anais[...]**. João Pessoa: INPE, 2015. p. 0247 – 0254.

LIU, Y.; LI, M.; MAO, L.; XU, F.; HUANG, S. Review of Remotely Sensed Imagery Classification Patterns Based on Object-oriented Image Analysis. **Chinese Geographical Science**, Changchun, v. 16, p. 282-288, 2006.

MACIEL-SILVA, J. F.; NUNES, C. S.; GIL, A. S. B. The genus *Eleocharis* (Cyperaceae) in the restinga of Pará state, Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 4, p. 1813-1824, 2018.

MARINHO, R. S. **Faces da expansão urbana em Salinópolis, zona costeira do Estado do Pará**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

NASCIMENTO JR., W. R.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; PROISY, C.; LUCAS, R. M.; ROSENQVIST, A. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p.1-11, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2012.10.005>

OLIVEIRA, L.M.T. **Estudo das Regiões Fitoecológicas brasileiras pela FAPAR/NDVI e relações com séries temporais de dados pluviométricos**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

PEREIRA, L. C. C.; DIAS, J. A.; CARMO, J. A.; POLLETE, M. A Zona Costeira Amazônica Brasileira. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Porto, v. 9, n. 2, p. 3-7, 2009.

PINHO, C. M. D.; KUX, H. H.; ALMEIDA, C. M. Elaboração de rede semântica para classificação de cobertura do solo de ambientes intra-urbanos: o Caso de São José dos Campos

– SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 637-644.

PLANET. **Planet Imagery Product Specification**: Planetscope & Rapideye, 2017. Disponível em: <<https://www.planet.com>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

QUEIROZ, T. B.; SOUSA, R. S.; BALDIN, T.; BATISTA, F. J.; MARCHESAN, J.; PEDRALI, L. D.; PEREIRA, R. S. Avaliação do desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. **Geociências**, Rio Claro, v. 36, n. 3, p. 569 - 578, 2017.

RANIERI, L. A. **Morfodinâmica Costeira e o Uso da Orla Oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará, Brasil)**. 2014. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará, 2014.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 42, n. 3, p. 207-226, 2015.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Costa de Salinópolis (Setor Corvina - Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Porto, v. 16, n. 2, p. 133-146, 2016.

RAPIDEYE. **Satellite imagery product specifications**. 2016. Disponível em: <https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/160625-RapidEye%20Image-Product-Specifications.pdf>. Acesso em: 25 de mar. 2020.

SCHULTZ, B.; FORMAGGIO, A. R.; EBERHARDT, I. D. R.; SANCHES, I. D.; OLIVEIRA, J. C.; LUIZ, A. J. B. Classificação orientada a objetos em imagens multitemporais Landsat aplicada na identificação de cana-de-açúcar e soja. **Revista Brasileira de Cartografia**, Monte Carmelo, v. 68, n. 1, p. 131-143, 2016.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. S. SIG na Análise Ambiental: Suscetibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima–MG. **R. de Geograf.**, Recife, v. 31, n.2, p. 66-87, 2014.

SOUZA, C. R. G. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 9, n. 1, p. 17-37, 2009.

SOUZA, D. L. Urbanização turística, políticas públicas e desenvolvimento: O caso de Salinópolis/Pa. **Gestão em Geografia**, Cascavel, v. 07, n. 01, p.65-86, 2014.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, S. P.; GUIMARÃES, C. L. Estudo da degradação das terras do município de são domingos do cariri - estado da Paraíba. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 8, n. 22,p. 130–136, 2007.

SOUZA, G.B.N.; ROCHA, G.M., Ordenamento territorial na ilha do Atalaia, Salinópolis (PA): uma análise a partir dos diferentes trechos de ocupação. **Revista do IHGP**, Belém, v. 5. doi10.17648/ihgp.v5i01.100

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 427-435, 2005.

TEIXEIRA, S. G.; SOUZA FILHO, P. W. M. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 69-82, 2009.

UTSUMI, A. G.; PISSARRA, T. C. T.; ROSALEN, D. L.; MIRANDA, L. P. Classificação Orientada a Objetos para Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo utilizando Imagem RAPIDEYE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, 4., 2017, Presidente Prudente. **Anais [...]** Presidente Prudente: UNESP, 2017. p. 239-243.

VIEIRA, M. A.; FORMAGGIO, A. R.; RENNÓ, C. D.; ATZBERGER, C.; AGUIAR, D. A.; MELLO, M. P. Object Based Image Analysis and Data Mining applied to a remotely sensed Landsat time-series to map sugarcane over large áreas. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 123, p.553–562, 2012.

WHITESIDE, T. G.; BOGGS, G. S.; MAIER, S. W. Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Enschege, v. 13, n. 6, p. 884-893, 2011.

WIGGERS, K. L.; RIBEIRO, S. R. A. Validação da classificação do uso e cobertura da terra mediante visita “in loco” e imagem de VANT. In: Congresso Brasileiro de Agroinformática. 10., 2015, Ponta Grossa. **Anais [...]** Ponta Grossa: SBIAGRO, 2017. p. 1-10.

CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DA TERRA EM SALINÓPOLIS/PA COM BASE NO MODELO PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA (PEIR)⁴

Resumo

A configuração socioespacial de uma região é influenciada por fatores que estimulam ou desestimulam a ocupação em função dos interesses da população envolvida. Esse processo é definido tanto por situações atuais quanto pelo histórico de ocupação. A identificação dos fatores que definem esse processo é importante para a verificação de tendências, possibilitando projeções da ocupação do território. Nesse sentido, este capítulo busca identificar quais as principais variáveis que explicam o ordenamento territorial da região a partir da compreensão da dinâmica de ocupação da terra no município de Salinópolis. Para isso, foram realizadas análises do histórico de ocupação da região, obtida por estudo bibliográfico, da variação espaço-temporal da ocupação da área de estudo e da percepção da população acerca das áreas preferenciais do município e seus principais motivadores, obtida pela aplicação de questionários. A análise final e a identificação das variáveis foi realizada pela aplicação do modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). Os resultados indicaram que as principais variáveis que explicam a dinâmica de ocupação em Salinópolis são: distância ao mar; distância às rodovias PA-444 e PA-124; densidade de malha viária; distância às áreas de maior especulação imobiliária; grau de implantação de empreendimentos; distância às manchas urbanas consolidadas; distância às áreas de menor especulação imobiliária; e distância ao centro comercial.

Palavras-chave: configuração socioespacial; variáveis explicativas; dinâmica de ocupação.

Abstract

The socio-spatial configuration of a region is influenced by factors that stimulate or discourage occupation according to the interests of the population involved. This process is defined both by current situations and by the history of occupation. The identification of the factors that define this process is important for verifying trends, enabling projections of the occupation of the territory. In this sense, this chapter seeks to identify the main variables that

⁴ Publicado na Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais. v. 12 Qualis B1 em Ciências Ambientais. (ROSA, A. G.; ANDRADE, M. M. N.; PINHEIRO, C. P. S.; SOUSA, A. .M.L. Avaliação da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis/PA com base no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). RICA, v. 12, n. 7, p. 414-432, 2021).

explain the territorial ordering of the region from the understanding of the dynamics of land occupation in the municipality of Salinópolis. For this, were realized analyzes of the region's occupation history, obtained through a bibliographic study, of the spatio-temporal variation in the occupation of the study area, and of the population's perception of the preferred areas of the municipality and their main motivators, obtained by applying questionnaires. The final analysis and identification of the variables was realized by applying the Pressure-State-Impact-Response (PSIR) model. The results indicated that the main variables that explain the dynamics of occupation in Salinópolis are: distance to the sea; distance to the PA-444 and PA-124 highways; road mesh density; distance to areas of greater real estate speculation; degree of implementation of projects; distance to consolidated urban patches; distance to areas of less real estate speculation; and distance to the center.

Keywords: socio-spatial configuration; explanatory variables; occupation dynamics.

3.1 Introdução

Constantemente os ambientes naturais são modificados e usados para o processo de expansão humana, resultando em implicações sociais e ambientais que podem influenciar diretamente em situações de impacto e risco, tendo em vista a forma acelerada e deficiente de expansão (SALLES *et al.*, 2013).

A expansão urbana de cidades litorâneas é reconhecida por ter uma possibilidade de usos múltiplos do espaço e dos recursos naturais. Geralmente, a dinâmica da ocupação dessas áreas, extremamente frágeis às ações humanas acompanha os ciclos econômicos e seus interesses (MELLO *et al.*, 2013).

Essa forma de expansão gera efeitos, como segregação socioespacial, fragmentação, ampliação de áreas de risco, impactos ambientais associados a resíduos e efluentes (ANTOCHEVIZ, 2017).

No nordeste do estado do Pará, efeitos da expansão urbana começaram a ser observados na década de 1960, quando a Amazônia foi inserida no modelo desenvolvimentista e a região passou a receber investimentos, especialmente no setor de transportes, a fim de estabelecer um desenvolvimento socioeconômico e a integração nacional (AREND; FONSECA, 2012). Exemplos dessas medidas foram os Planos Nacionais de Desenvolvimento, a Empresa Brasileira de Turismo (EMBRATUR) e o Plano de Integração Nacional (PIN) (ALMEIDA, 2017).

Nesse mesmo contexto histórico e espacial, o município de Salinópolis, transformou-se em Estância Hidromineral (Decreto/Lei 3.786/66) e passou a receber investimentos do Estado em infraestruturas e incentivo ao turismo. A partir da década de 1970 se intensifica a urbanização no município, sem instrumentos de ordenamento territorial, avançando principalmente sobre a ilha do Atalaia, visto a construção da estrada PA-444 e da ponte que a interliga à sede do município, no ano de 1974 (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015; ALMEIDA, 2017).

Salinópolis, atualmente, tem o ambiente marcado pelo desenvolvimento ligado ao mercado turístico, setor muito forte na região. Essa questão reflete na ocupação próxima e sobre a linha de costa, sobre manguezais e campos de dunas, inclusive por grandes empreendimentos, loteamentos, *resorts* e parques aquáticos. Isto tem causado impactos ambientais, sociais e econômicos, a exemplo de ocupação de áreas de risco, erosão costeira, contaminação do lençol freático, destinação incorreta de resíduos sólidos e esgoto, recuo de estruturas (pousadas, restaurantes e residências) na linha de costa, entre outros (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016; BRAGA, PIMENTEL, 2019).

Tais fatores são grandes influenciadores da dinâmica de ocupação desse espaço litorâneo e, ao serem analisados, podem revelar tendências e padrões de ocupação do território (MELLO *et al.*, 2013). Daí vem a importância em compreender a dinâmica de ocupação do espaço, especialmente os litorâneos, como no caso de Salinópolis, visto a possibilidade auxiliar o ordenamento territorial e evitar ocupações inadequadas e de risco.

Diante disso, este capítulo busca realizar uma análise da dinâmica de ocupação costeira no município de Salinópolis de forma integrada, a partir do levantamento de trabalhos realizados na área, informações espaciais do território e percepção da população local, a fim de identificar quais são os principais fatores influentes desta dinâmica. Isso será desenvolvido através da aplicação do modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR).

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Área de estudo

A área de estudo está inserida no município de Salinópolis, localizado no nordeste do estado do Pará, e engloba a área urbanizada e a orla marítima do município, perfazendo uma área de aproximadamente 75,9 km², sob as coordenadas 0°36' / 0°48' S e 47°15' / 47°24' W, e abrigando uma população de cerca de 41.164 habitantes, de acordo com estimativas para o ano de 2021 (IBGE, 2019).

A economia local é voltada principalmente para o mercado turístico e para a pesca (MARINHO, 2009). O turismo é uma forte vertente da dinâmica de ocupação do município, estimulado pelo grande potencial ambiental, representado pelas praias do Maçarico, Corvina, Atalaia e Farol Velho, e incentivado historicamente pelo Governo do Estado (SOUZA; ROCHA, 2018).

O processo de urbanização atual, que tem avançado sobre áreas de manguezais, campos de dunas e em direção à linha de costa, vem gerando impactos ambientais como redução de áreas naturais, degradação de ecossistemas, erosão costeira e ocupação de áreas impróprias e periféricas pela população local (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016; BRAGA; PIMENTEL, 2019).

3.2.2 Dados

Os dados usados como base para a análise da dinâmica de ocupação foram: estudo bibliográfico acerca do histórico de ocupação no município, abrangendo trabalhos dos principais pesquisadores na região; classificação da ocupação da terra na área de estudo para os anos de 2010, 2014 e 2018 utilizando o método de classificação GEOBIA; entrevistas à população local e; observações em campo, identificando visualmente os padrões de ocupação da terra entre os bairros visitados.

As entrevistas foram aplicadas para três grupos distintos na área de estudo, buscando englobar a heterogeneidade das opiniões e interesses na região. Dentre os três grupos, dois foram de informantes-chave no município: representantes da prefeitura que lidam com o ordenamento territorial (funcionários das Secretarias Municipais de Meio Ambiente, de Obras e de Turismo), a fim de compreender os rumos da política atual que influenciam na ocupação da terra e; um funcionário do cartório do único ofício do município, com o objetivo de entender o histórico da dinâmica de transações, desmembramentos do território e inserção de loteamentos. O outro grupo de entrevistados foi a população residente do município.

A amostragem para os grupos de informantes-chave foi intencional não probabilística. Esse tipo de amostragem é utilizado quando uma amostra é escolhida “propositalmente” porque apresentam características que se acredita que sejam confiáveis para explicar um fenômeno (GOODE; HATT, 1979). Nessa técnica se dá ampla liberdade de escolha ao entrevistador (BARROS; LEHFELD, 1997).

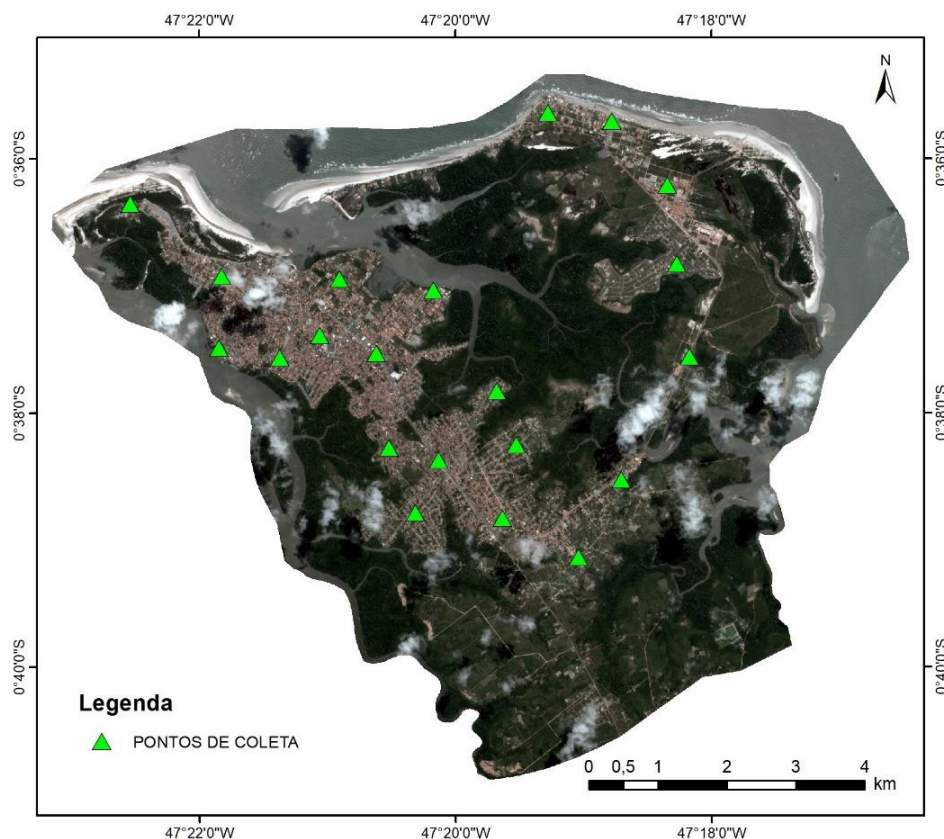
Para as entrevistas realizadas com a população residente a amostragem foi aleatória simples, método probabilístico, onde cada membro da população terá chance igual e

independente de ser selecionado (ZAR, 1996). Foram realizadas 396 entrevistas, tendo em vista o tamanho da população estimada para o ano de 2017 pelo IBGE (39.969 habitantes) (IBGE, 2011b) e o erro amostral de 5%.

Foram realizadas duas campanhas de aplicação de questionários em diferentes setores dentro da área de estudo, distribuídos em 21 setores (Figura 1), a fim de englobar a heterogeneidade da população e do espaço. A caracterização de cada setor está descrita no Apêndice B. A primeira coleta de dados ocorreu nos dias 11, 12 e 13 de março de 2019 e a segunda nos dias 26 e 27 de agosto de 2019.

Os questionários foram estruturados com questões quali-quantitativas, semiestruturadas para os informantes-chave e estruturadas para a população, orientados para a compreensão dos fluxos de ocupação e para o grau de implantação dos empreendimentos. Os questionários estão apresentados no Apêndice C.

Figura 1 - Setores de aplicação dos questionários no município de Salinópolis (Imagem *PlanetScope*, ano 2018, composição R3G2B1, resolução espacial 3 metros, projeção geográfica, Datum SIRGAS 2000).



Fonte: Autora.

Na última etapa, os dados obtidos foram tabulados em planilha Excel e demonstrados na forma quantitativa (tabelas e gráficos). Para a tabulação dos dados resultantes das entrevistas

semiestruturadas com os informantes-chave, realizou-se a padronização das respostas a partir do objeto central do questionamento, possibilitando a sua apresentação qualitativa.

3.2.3 Análise dos dados

A compreensão do histórico de ocupação da área de estudo e a consequente identificação dos fatores que influenciam esta dinâmica (variáveis explicativas) se deu, basicamente, pela avaliação integrada do estudo bibliográfico, dos resultados da análise espaço-temporal das imagens, dos resultados de aplicação de questionários para grupos de entrevistados específicos na localidade e observações em campo, a fim de buscar variáveis comuns que expliquem a dinâmica de ocupação do município (COHENCA, 2016).

3.2.3.1 *Estudo bibliográfico*

O estudo bibliográfico trouxe informações levantadas por diversos estudiosos ao longo dos anos, e fornece importantes esclarecimentos sobre os acontecimentos históricos que influenciaram na ocupação do território, principalmente, a partir da década de 1930. Esta etapa, além de oferecer maiores e novas informações acerca do município, auxiliará na confirmação dos resultados observados com a análise espaço-temporal e com a aplicação dos questionários com a população local.

Alguns dos trabalhos adotados foram os de Cavalcante (2001), Brito (2004), Marinho (2009), Ranieri (2014) e Almeida (2017), que são referência em análise da ocupação do território em Salinópolis. A análise desses trabalhos será de forma qualitativa, onde serão selecionados momentos históricos comuns, que envolvam mudanças na ocupação do município, e verificadas quais alterações no território foram evidenciadas por cada autor.

3.2.3.2 *Análise espaço-temporal*

A análise espacial nos últimos 10 anos, resultante da classificação de ocupação da terra nos anos de 2010, 2014 e 2018 foi realizada a partir da classificação de imagens de satélite de alta resolução espacial pelo método Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA) ou classificação orientada a objeto, seguindo as orientações de Baatz et al. (2004) e Alves et al. (2009). Para a análise foram usadas imagens do satélite SPOT-5 (Satellite Pour l'Observation de la Terre) RapidEye PlanetScope, para os anos de 2010, 2014 e 2018, respectivamente.

As etapas metodológicas consistiram, basicamente, na definição das classes de ocupação da terra, pré-processamento das imagens, cálculo do índice de vegetação SAVI

(HUETE, 1988) e união às bandas da imagem, segmentação com aplicação do método segmentador multirresolução por crescimento de regiões (BAATZ; SCHAPE, 2000), classificação e validação da classificação, a partir do cálculo dos índices de Exatidão Global e o índice Kappa, conforme proposto por Congalton e Green (2009). Para as classificações GEOBIA, fez-se o uso da plataforma GeoDMA no software TerraView 5.3.3.

O resultado da análise forneceu informações acerca de quais regiões receberam maior pressão urbana, sendo possível visualizar quais áreas tiveram ocupação urbana potencializada e, unindo esta análise a outras fontes de informação, pode-se identificar quais variáveis influenciaram este comportamento em determinadas regiões.

Análises de transição da ocupação do espaço para o entendimento da dinâmica do território foram adotadas em diversos trabalhos, a exemplo de Macedo *et al.* (2013), Kawashima *et al.* (2016), Aguiar *et al.* (2016), entre outros.

3.2.3.3 Análise das entrevistas

A análise dos questionários semiestruturados com os grupos de entrevistados da prefeitura e do cartório, permite expressar a compreensão desses setores sobre o histórico de ocupação do município, a qual trouxe uma vertente qualitativa e mais técnica acerca da discussão de quais regiões são preferenciais para distintos grupos no município e dos fatores que têm influenciado a escolha por essas áreas. Além disso, permitiu identificar, a partir de informações oficiais, quais regiões apresentam maior e menor especulação imobiliária, quais são os principais problemas enfrentados e quais os grandes projetos e empreendimentos previstos, o que demonstrará indícios de quais regiões sofrerão ocupação intensa.

A entrevista ao cartório, dentre outros objetivos, buscou informações acerca das grandes empresas que atuam no município. Todas as empresas citadas e indicadas pelo cartório foram procuradas via ofício, tendo em vista que este grupo de empresários seria o quarto grupo de entrevistados desta pesquisa, no entanto todas se recusaram a participar da entrevista, excluindo este grupo da análise.

De forma distinta, a análise dos questionários com a população residente permitiu verificar como ocorre o fluxo de ocupação dentro do município a partir da percepção dos entrevistados, como também aplicado por Cohenca (2016), além de extrair possíveis variáveis que influenciam na dinâmica de ocupação do território: áreas do município de maior interesse socioeconômico para a população residente; de maior e menor especulação imobiliária e; de maior interesse econômico para a implantação de empreendimentos.

As questões dos questionários aplicados aos representantes da prefeitura e à população fixa foram divididas em blocos temáticos, orientados para uma melhor observação e análise dos resultados (Quadro 1).

Quadro 1 - Blocos temáticos para apresentação e análise dos resultados dos questionários.

BLOCO	TEMA	PERGUNTAS
Questionários aplicados à população fixa		
Bloco 1	Formação socioespacial	Há quantos anos é morador do município? Qual o período de aquisição do espaço em uso? Qual era o ambiente existente na aquisição do espaço em uso? Houve orientação técnica ou fiscalização ambiental por parte dos órgãos competentes durante o processo de aquisição? Qual o motivo de aquisição do espaço em uso no município?
Bloco 2	Tendência de Ocupação Atual	Qual o bairro/região de moradia? Qual o motivo de aquisição desse espaço em seu bairro? Pretende se mudar para outro bairro/região? Qual? Por que? Durante o processo de ocupação do município, você percebeu preferência por quais regiões? A seu ver, quais fatores têm influenciado a preferência por essas regiões?
Bloco 3	Aspectos Ambientais	Você observou mudanças no ambiente desde o período estabelecido no município? Se sim, quais as principais mudanças no ambiente observadas?
Questionários aplicados aos representantes da prefeitura		
Bloco 1	Caracterização populacional	Qual a população flutuante aproximada? Qual o percentual aprox. de residências e 2º residências?
Bloco 2	Tendência de Ocupação Atual	Quais as regiões de maior preferência pelas populações flutuante e permanente? Quais as regiões de maior e menor especulação imobiliária? Houve algum acontecimento que alterou a dinâmica de ocupação urbana nos últimos 15 anos? Com a construção da PA-444, observou-se alterações: no mercado imobiliário? Nos costumes? Na migração? Existem projetos de novas obras de urbanização a serem realizadas no município? Existem projetos de grandes empreendimentos privados a serem instalados no município?
Bloco 3	Diretrizes, Instrumentos Legais e Trâmites para a Ocupação	Quais as diretrizes para ocupação da zona costeira do município? Quais os instrumentos legais de gestão costeira no município? Quais os trâmites e restrições impostos pela prefeitura à construção de empreendimentos litorâneos?
Bloco 4	Aspectos Ambientais	Existe algum plano de Unidade de Conservação? Quais os principais problemas da ocupação costeira identificados pela prefeitura?

Fonte: Autora.

3.2.3.4 Análise Geral – Modelo PEIR

De posse da análise dos questionários, do resultado da análise espaço-temporal das imagens de satélite, do estudo do histórico de ocupação do município e a partir de verificações em campo, foi possível entender como ocorreu o fluxo de ocupação da área de estudo no período estudado e identificar quais os principais fatores que o influenciaram, ou seja, as principais variáveis explicativas da dinâmica de ocupação.

Para auxiliar esse entendimento foi aplicado o modelo PEIR (Pressão, Estado, Impacto, Resposta), que consiste em uma ferramenta para combinar feições qualitativas e quantitativas de interações sociais, econômicas e ambientais (SOUSA-FELIX *et al.*, 2017). Ele foi desenvolvido pela *Organization of Economic Cooperation and Development* (OECD, 1993) e *European Environment Agency* (EEA, 1995) com uma abordagem direcionada a estabelecer relações de causalidade entre seus componentes.

A ferramenta PEIR também tem como objetivo prover abordagens para a quantificação de variáveis relevantes, gerando uma visão integrada do status de um sistema (PINTO *et al.*, 2013; GARI; NEWTON; ICELY, 2015).

A sua aplicação tem como objetivo responder a quatro questões básicas: o que está acontecendo com o ambiente (Estado), por que isso ocorre (Pressão), quais são os efeitos (Impactos) e o que a sociedade está fazendo a respeito (Resposta) (CARVALHO; BARCELLOS, 2010). A principal finalidade deste método é agregar e quantificar informações de maneira que sua significância fique mais aparente.

De acordo com Carvalho e Barcellos (2010) e Sousa-Felix *et al.* (2017), os indicadores de pressão representam as atividades humanas ou processos naturais que geram ou podem gerar impactos sobre o ambiente ou afetar o bem-estar dos indivíduos. O estado expressa as condições do ambiente (físicas, econômicas e sociais), que são resultados das pressões. Os indicadores de impacto estão associados aos efeitos diretos e indiretos das variáveis sociais, econômicas e também ambientais (pressões), enquanto que os indicadores de resposta apresentam as ações/reações da sociedade tomadas para diminuir ou anular as pressões, ou seja, é um resultado do vínculo entre pressões, estado e impacto.

Neste estudo, o modelo PEIR foi usado como uma ferramenta analítica de diagnóstico para o entendimento da dinâmica de ocupação do município de Salinópolis, bem como da relação de causa-efeito das atividades humanas e consequências espaciais, sociais e econômicas. A sua aplicação se deu em quatro etapas: interpretação das pressões; descrição do estado atual; descrição dos impactos; e avaliação da resposta da sociedade (SOUSA-FELIX *et*

al., 2017). Para isso, foram utilizados os dados dos estudos bibliográficos, da classificação da ocupação da terra e das entrevistas.

Para interpretar as pressões, a análise incluiu os processos e atividades que podem implicar no deslocamento de moradia da população local, na implantação de grandes obras e empreendimentos e na ocupação de áreas impróprias. A descrição do estado atual se deu pela análise espacial da área e pelas evidências registradas em campo. Os impactos foram descritos a partir da identificação dos efeitos diretos e indiretos das atividades locais. E a resposta foi o resultado da ação da população local, do setor de turismo e do governo frente às pressões, estado e impacto.

Essa resposta reflete como a ocupação do território do município está ocorrendo em função das pressões exercidas sobre a população, o que auxilia no entendimento de quais são os principais fatores que podem influenciar na dinâmica de ocupação.

3.3 Resultados e Discussões

Os resultados deste capítulo foram divididos em quatro partes. A primeira delas refere-se aos estudos bibliográficos acerca da ocupação histórica do município de Salinópolis, a segunda apresenta os principais resultados da análise espaço-temporal dos últimos 10 anos, a terceira discorre sobre as entrevistas aplicadas aos três grupos de interesse e a quarta, por sua vez, apresenta a análise geral com aplicação do modelo PEIR, apresentando as variáveis identificadas como de maior influência da dinâmica de ocupação.

3.3.1 Estudo bibliográfico

A ocupação humana na zona costeira do nordeste paraense tem seus indícios em 5.000 anos antes do presente, com base em estudos e evidências arqueológicas, com marco no século XVII através do fomento mercantilista da Companhia de Comércio do Grão-Pará e Maranhão e do Sistema de Capitânicas Hereditárias, que contribuíram para a ocupação humana no litoral amazônico (FURTADO; NASCIMENTO, 2002; FURTADO, 2011). Entretanto, foi a partir do século XX que começaram a ser percebidas mudanças nas relações entre o homem e o ambiente costeiro do estado do Pará (SANTANA, 2011).

No município de Salinópolis, efeitos da ocupação humana começaram a ser evidenciados a partir da década de 1930 e, desde então, acontecimentos foram marcando a dinâmica populacional, década após década (CAVALCANTE, 2001; BRITO, 2004; MARINHO, 2009; RANIERI, 2014; ALMEIDA, 2017) (Quadro 2).

Quadro 2 - Momentos históricos da ocupação humana no município de Salinópolis.

Momento Histórico	Acontecimentos
1930	<ul style="list-style-type: none"> - Inauguração do primeiro hotel da região, em 1936 (Hotel Atlântico – hoje conhecido como Hotel Salinópolis). - Conclusão da estrada Capanema-Salinópolis (PA-124), em 1937, intensificando a procura às praias e transformando o município em um importante balneário.
1940	<ul style="list-style-type: none"> - Criação do Fundo Rodoviário dos Estados e Municípios (Decreto-Lei N° 2.615/40), que levou ao desenvolvimento rodoviário na região amazônica. - Início do funcionamento de algumas linhas de ônibus entre Salinópolis e Belém, em viagens de aproximadamente 15 horas
1950	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do acesso aos ambientes costeiros, que antes se dava principalmente por via marítima e fluvial (devido a comunicações terrestres precárias), com a expansão das rodovias de acesso de territórios praieros de domínio da população nativa e pescadores artesanais do nordeste do Pará.
1960	<ul style="list-style-type: none"> - Inauguração da rodovia Belém-Brasília (BR-10), sendo o primeiro elo da Amazônia com o centro-sul. - Transformação do município em Estância Hidromineral (Lei N° 3.786/66), incorporando a região à economia nacional e trazendo investimentos em infraestrutura, políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico e incentivo ao turismo. - Criação da Empresa Brasileira de Turismo (EMBRATUR) em 1966, para fins de incentivo turístico e de mostrar uma imagem positiva do país no exterior, que estava comprometida no cenário internacional devido ao regime militar. - Incentivo do Estado a partir de doação de terras públicas. - Criação da estrada que liga a sede do município à praia do Maçarico, contribuindo para a devastação de boa parte da vegetação nativa litorânea e de dunas.
1970	<ul style="list-style-type: none"> - Construção da PA-444 e da ponte que liga a sede municipal à ilha do Atalaia, em 1973, intensificando a urbanização, especulação imobiliária e atividade turística. - Pavimentação da PA-324, que liga o município de Santa Maria do Pará ao de São João de Pirabas (faz limite com Salinópolis). - Implantação do Projeto AGRISAL (Agroindustrial de Salinópolis S/A), um importante projeto econômico apoiado pelo Estado, em uma área de mais de 10.000 hectares, com o objetivo de diversificar a economia do município, inserindo a produção agrícola
1980	<ul style="list-style-type: none"> - A Constituição Federal Brasileira de 1988, em seu artigo 180, legitima o turismo como força motriz de desenvolvimento social e econômico, inaugurando uma nova fase das políticas públicas e sociais. - Desativação do Projeto AGRISAL e conseqüente liberação das áreas do projeto, levando a um acelerado crescimento da malha urbana. - Crescente aparecimento de bairros no município em áreas que anteriormente pertenciam a AGRISAL, que geralmente ocorreram de forma irregular, a exemplo de Jaderlândia, São Tomé, São José, Atlântico I e II, Pedrinhas, Nova Brasília e Bairro da Ponte.
1990	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação do projeto político do governo estadual denominado de “Novo Pará”, com início em 1994, destinando pesados investimentos para o desenvolvimento do turismo na cidade. - Crescimento de segunda residências, levando ao surgimento de bairros elitizados. - Estabelecimento da política de incentivo às atividades produtivas no estado, incluindo a “indústria do turismo” (Lei N° 5.943/96).
2000	<ul style="list-style-type: none"> - Construção do Complexo Turístico Orla do Maçarico para atender a população visitante (financiada pelo projeto Novo Pará). - Urbanização da Praia do Atalaia. - Estabelecimento de grandes empreendimentos imobiliários na ilha do Atalaia.

	- Serviços de conservação das rodovias PA-324 e PA-124 recebidos da Secretaria Executiva de Transportes (SETRAN).
2010	- Intensa urbanização da ilha do Atalaia. - Construção de <i>resorts</i> e parques aquáticos. - Duplicação da PA-444. - Ampliação e reforma do Aeródromo de Salinópolis.

Fonte: Autora.

De acordo com Brito (2004), os principais fatores que influenciaram o início da expansão urbana na cidade foram a doação de terras públicas pelo governador Alacid Nunes, a construção da segunda residência oficial do governador do Estado do Pará, o desenvolvimento da infraestrutura, a construção de segundas residências e o projeto AGRISAL.

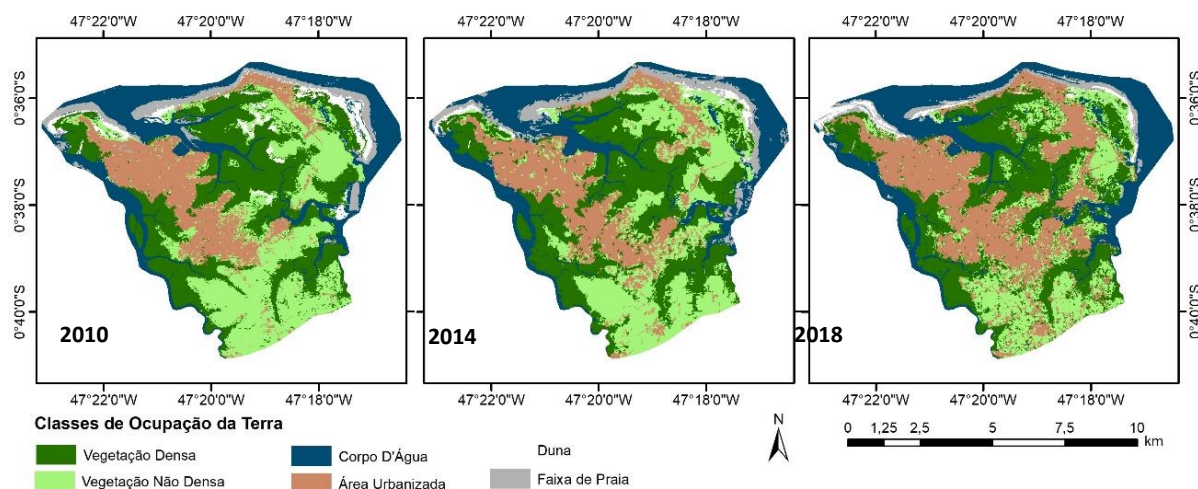
Esses acontecimentos e a implementação de políticas públicas, principalmente a partir da segunda metade do século XX, foram grandes influências para o uso e ocupação do município, gerando uma pressão que acabou sendo intensificada nos últimos anos, com a potencialização da urbanização principalmente na ilha do Atalaia e nas margens da PA-444 e implantação de obras urbanas e empreendimentos, funcionando como um atrativo tanto para a população flutuante, foco das principais implantações de infraestrutura local, como para a população local, em busca de oferecer atividades de comércio e serviços para o público turístico (RANIERI, 2014; ALMEIDA, 2017).

3.3.2 Análise espaço-temporal dos últimos 10 anos

A análise espaço-temporal da ocupação da terra na área de estudo, apresenta grande evidência de avanço da urbanização entre os anos de 2010, 2014 e 2018, tanto em direção ao continente como em direção à costa, principalmente sobre a ilha do Atalaia (Figura 2), região onde mais se tem observado expansão em virtude do mercado turístico (RANIERI; EL ROBRINI, 2015; BRAGA; PIMENTEL, 2019).

É evidente a intensificação da urbanização nas áreas próximas à PA-444 e da ponte que liga a sede municipal à ilha do Atalaia, geralmente representada por grandes empreendimentos e loteamentos voltados para a população flutuante. Outra área de destaque refere-se à porção mais interna, próxima à entrada da cidade, com ocupação residencial e comercial, representada principalmente pela população local, que tende a migrar em virtude da especulação imobiliária nas regiões centrais do município.

Figura 2 - Classificação de ocupação da terra em Salinópolis nos anos de 2010, 2014 e 2018.



3.3.3 Análise dos questionários aplicados

Os resultados das entrevistas com a população fixa em Salinópolis (Tabela 1) apresentam, no Bloco 1, informações associadas a fatos históricos, que auxiliam no entendimento da formação socioespacial das áreas em estudo. De acordo com Almeida (2017), a análise do período, forma e motivação da ocupação são válidos por permitir relacionar mudanças ocorridas durante o início do processo de ocupação do município com as que são visualizadas na atualidade.

Tabela 1 - Demonstração quantitativa do resultado da aplicação de questionário à população residente de Salinópolis. (continua)

Perguntas	Respostas	%
BLOCO 1 – FORMAÇÃO SOCIOESPACIAL		
1) Tempo de moradia no município:		
1 a 5 anos	55	14%
5 a 10 anos	39	10%
10 a 15 anos	32	8%
15 a 30 anos	114	29%
Mais de 30 anos	156	39%
2) Período de aquisição do espaço em uso:		
1960	13	3%
1970	24	6%
1980	60	15%
1990	84	21%
2000	97	25%
2010	118	30%
3) Ambiente existente no momento da aquisição do espaço em uso:		
Terra Firme	272	69%
Mangue	88	22%
Restinga	19	5%
Dunas	10	2%
Campo entre Dunas	4	1%
Cordões Arenosos	3	1%
4) Orientação técnica ou fiscalização ambiental no processo de aquisição:		

(continuação)

Ausente	327	82%
Parcial	38	10%
Integral	31	8%
5) Motivo de aquisição do espaço em uso:		
Residência	341	86%
2° Residência	45	11%
Comércio/Residência	10	3%
BLOCO 2 – TENDÊNCIA DE OCUPAÇÃO ATUAL		
6) Bairro/região de moradia:		
América	1	0,3%
Atalaia	15	3,8%
Atlântico I	9	2,3%
Atlântico II	28	7,1%
Barreiro	2	0,5%
Bom Jesus I	24	6,1%
Bom Jesus II	7	1,8%
Brasília	3	0,8%
Centro	19	4,8%
Destacado	6	1,5%
Guarani	22	5,6%
João Paulo II	60	15,2%
Nova Brasília	7	1,8%
Outro	45	11,4%
Pedrinhas	14	3,5%
Ponta da Agulha	18	4,5%
Porto Grande	9	2,3%
Praia Corvina	1	0,3%
Praia do Atalaia	5	1,3%
Praia do Farol Velho	2	0,5%
Praia do Maçarico	12	3,0%
Prainha	11	2,8%
São Tomé	20	5,1%
São José	38	9,6%
São Vicente	18	4,5%
7) Motivo de escolha do bairro/região:		
Familiar	156	39%
Imóvel mais barato	104	26%
Mais perto da urbanização consolidada	65	17%
Mais perto do local de trabalho	51	13%
Mais perto da praia	20	5%
8) Pretensão de se mudar para outro bairro/região:		
Não	361	91%
Sim	35	9%
8.1) Se sim, para qual bairro/região:		
Centro	12	3%
Atlântico	5	1,3%
Bom Jesus	5	1,3%
Outro	3	0,9%
Destacado	1	0,3%
Porto Grande	1	0,3%
Guarani	1	0,3%
Atalaia	2	0,6%
Barreiro	1	0,3%
Ponta da Agulha	1	0,3%
João Paulo	3	0,9%
8.2) Se sim, por qual motivo:		
Acessibilidade ruim	8	2%
Ausência de serviços públicos	8	2%
Especulação imobiliária	3	0,9%
Erosão costeira	2	0,6%

		(conclusão)
Baixo fluxo de visitantes	1	0,3%
Preço	13	3,3%
9) Percepção de preferência de ocupação por bairros/regiões:		
Não percebeu	95	24%
Centro	167	42,2%
Atalaia	95	24%
Ponta da Agulha	26	6,6%
Atlântico I	92	23,2%
Atlântico II	41	10,4%
Porto Grande	9	2,3%
São José	12	3%
São Tomé	22	5,6%
Barreiro	5	1,3%
Praia do Atalaia	29	7,3%
Praia do Maçarico	20	5,1%
Praia da Corvina	2	0,6%
Bom Jesus I	69	17,4%
Bom Jesus II	32	8,1%
Brasília	2	0,6%
Nova Brasília	6	1,5%
Praia do Farol Velho	12	3%
Destacado	14	3,5%
São Vicente	6	1,5%
Pedrinhas	6	1,5%
Prainha	4	1%
Outro	8	2%
10) Quais fatores têm influenciado a preferência por essas regiões:		
Proximidade aos centros urbanos	129	32,6%
Presença de infraestrutura	79	20%
Proximidade às praias	54	13,6%
Proximidade a pontos turísticos	3	0,9%
Outros	37	9,3%
BLOCO 3 – ASPECTOS AMBIENTAIS		
11) Percepção de mudanças no ambiente:		
Sim	365	92%
Não	31	8%
11.1) Se sim, quais as principais mudanças observadas:		
Expansão sobre áreas rurais	110	27,8%
Avanço dos loteamentos	260	65,7%
Construção de grandes obras	293	74%
Ocupação de manguezais	239	60,4%
Ocupação de campos de dunas	121	30,6%
Urbanização das praias	245	61,9%
Outro	23	5,8%

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O tempo de moradia em Salinópolis da maioria dos entrevistados, 68%, é de mais de 15 anos, sendo 29% os moradores de 15 a 30 anos e 39% os que moram há mais de 30 anos, representando uma população antiga, que, em maior parte, sempre morou no município ou migrou há muitos anos.

O período de aquisição do espaço em uso (residência, segunda residência ou comércio) pode indicar o momento em que a região passou a receber incentivos ao desenvolvimento e urbanização. A evidência de residentes desde a década de 1960, mesmo que pouco

representativa (3%), indica o início do processo de urbanização, que foi se intensificando com o passar das décadas.

Ao comparar os resultados do tempo de moradia e período de aquisição do espaço em uso pode-se verificar que, apesar da maioria da população estar instalada no município há muito tempo, também a maioria adquiriu o espaço em uso nos últimos 20 anos, sendo 25% na década de 2000 e 30% na década de 2010, o que dá indícios de grande migração entre os bairros/regiões dentro do município, principalmente pela população que está em busca de imóveis mais baratos, visto a grande especulação imobiliária em algumas regiões, ou em busca de maior infraestrutura e segurança.

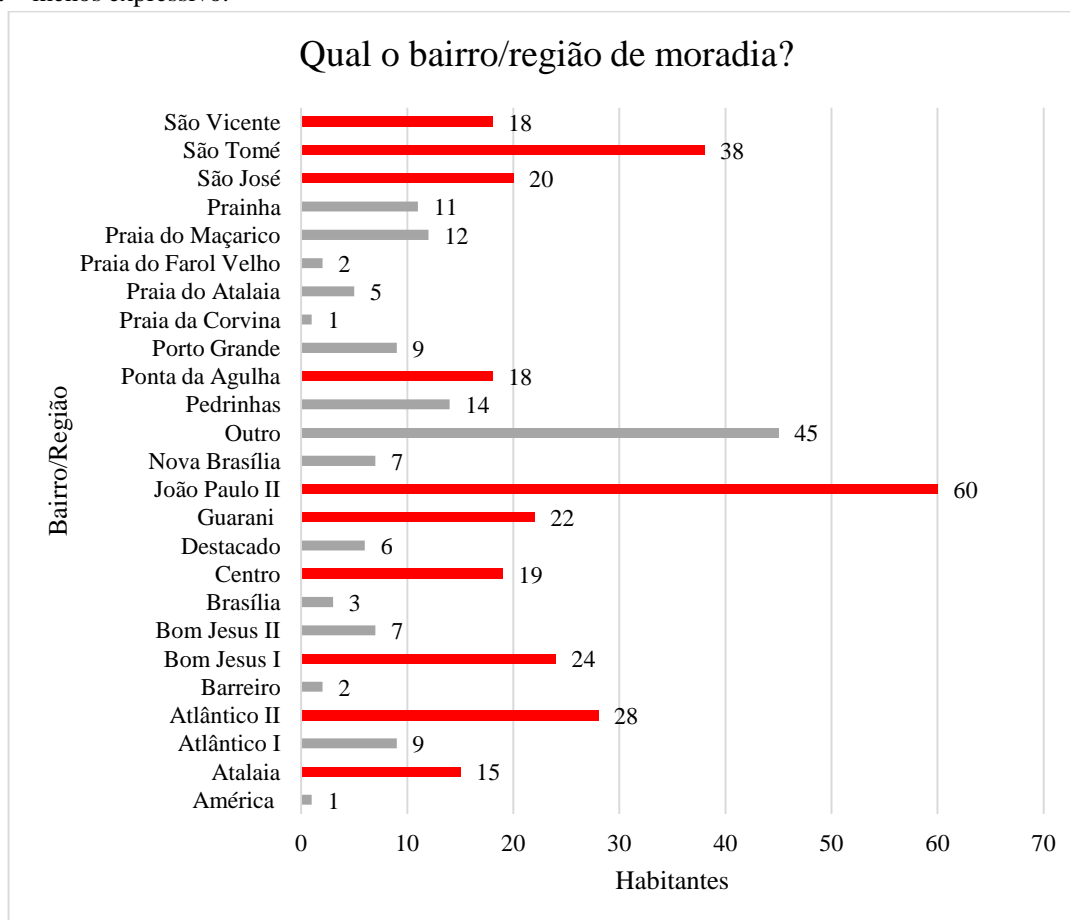
Quanto ao ambiente existente durante a aquisição do espaço em uso, 69% dos entrevistados informaram que eram áreas de terra firme e 22% de mangue, representando bem a população fixa do município, visto que a população flutuante geralmente se direciona para áreas de praia, dunas e restinga, o que é confirmado pela motivação da aquisição do espaço que é para fins de residência (86%). Além disso, a proporção de ambientes de terra firme no momento da aquisição do espaço reflete a preferência de ocupação em áreas mais estáveis do planalto costeiro.

A porcentagem de ocupação sobre áreas de mangue, restingas, dunas, campos entre dunas e cordões arenosos pela população fixa, é pouco expressiva, porém demonstra que a ocupação no município não tem respeitado a legislação ambiental, ao permitir a ocupação em Áreas de Preservação Permanente (APP) (mangues e restingas, de acordo com o estabelecido pelo Art. 4º da Lei nº 12.651/2012) e praticamente inexistir a prestação de orientação técnica e fiscalização (82%) para o estabelecimento de habitações na região.

Os resultados do Bloco 2 são os que mais fornecem informações acerca da dinâmica de ocupação do município e de suas variáveis explicativas. Neste bloco é possível observar em quais regiões ou bairros do município há maior tendência de ocupação e o que a motiva. Quanto à região/bairro de moradia dos entrevistados, os resultados mostraram uma boa distribuição da população, sendo os bairros/regiões de maior destaque os de São Vicente, São Tomé, São José, Ponta da Agulha, Guarani, Bom Jesus e Atlântico, considerados periféricos, e os de João Paulo II, Centro, Atalaia (incluindo as praias do Atalaia e Farol Velho), considerados centrais (Figura 3).

O bairro/região referente a Outro representa pequenas comunidades, vilas e interiores próximos.

Figura 3 - Bairro/região de moradia da população residente entrevistada. Legenda: Vermelho = mais expressivo e; Cinza = menos expressivo.

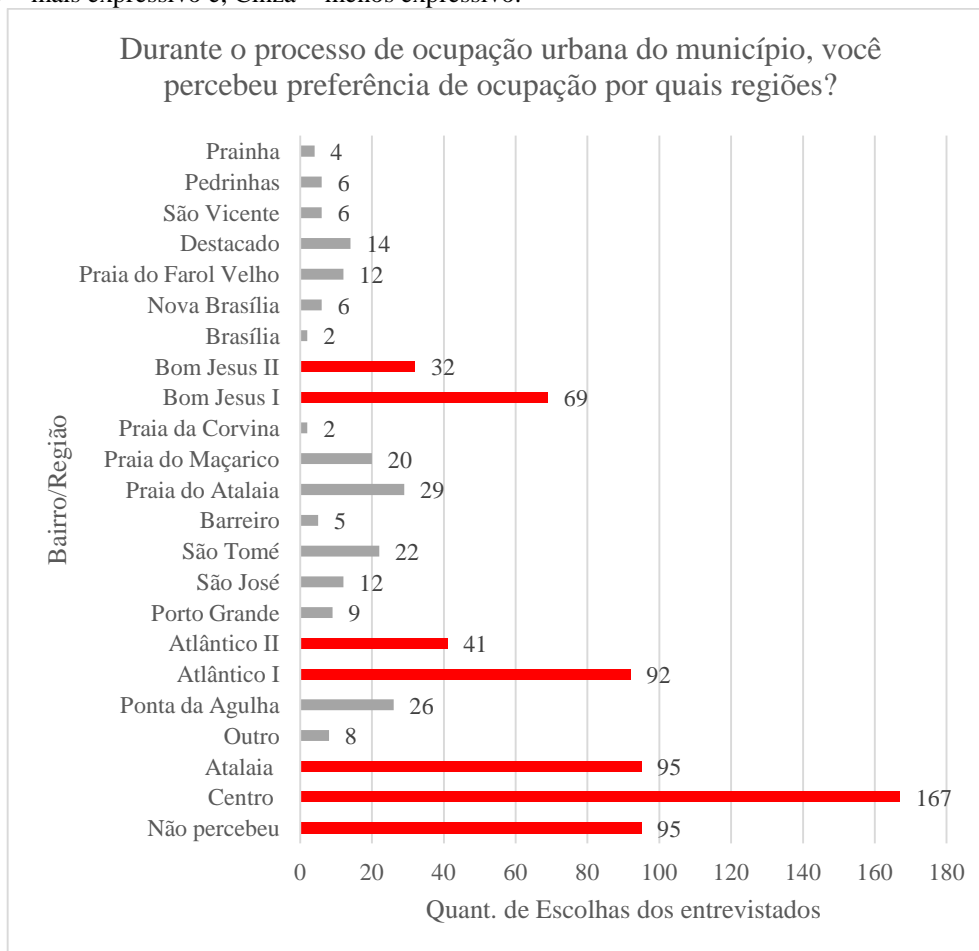


Esses resultados representam a população entrevistada, visto a predominância de ocupação em regiões centrais e comerciais do município e a pouca representatividade nas regiões da costa, tendo como principais motivações para aquisição do espaço em uso a familiar (39%) e o imóvel mais barato (26%). A motivação menos expressiva para os entrevistados foi a proximidade às praias (5%). A parcela expressiva da população residente na ilha do Atalaia não representa uma população característica de veraneio, mas sim que se instala pela oportunidade de exercer atividades comerciais para a população flutuante durante os períodos de atividade turística.

A grande maioria dos entrevistados (91%) não pretende se mudar para outro bairro/região, o que pode indicar uma baixa migração em breve e evidencia a preferência pelos bairros/regiões onde vivem atualmente. Dentre os que estão dispostos a mudarem de residência (9%), as regiões de maior preferência são os bairros Bom Jesus, Atlântico e Centro, sendo a busca por melhores serviços públicos (2%), acessibilidade (2%) e preço (3,3%) as principais motivações. Apesar destes resultados não oferecerem informações acerca da dinâmica histórica ou atual de ocupação, são mais uma evidência da preferência por tais regiões.

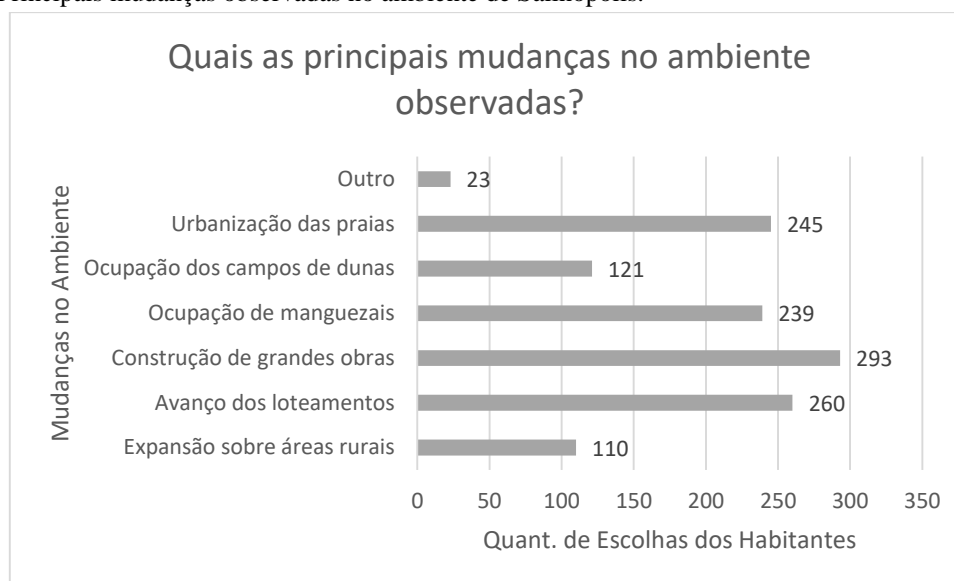
Quanto à percepção da população acerca dos bairros/regiões preferenciais durante o processo de ocupação, 24 % dos entrevistados não percebeu qualquer dinâmica da população local. Dentre o restante, os bairros percebidos como de maior preferência dos habitantes são os Bom Jesus, Atlântico, Atalaia e Centro, em ordem crescente (Figura 4), sendo a proximidade aos centros urbanos (43%) e a presença de infraestrutura (26%) os principais fatores que têm influenciado a busca por essas regiões.

Figura 4 - Bairro/região percebido como de preferência de ocupação por todos os entrevistados. Legenda: Vermelho = mais expressivo e; Cinza = menos expressivo.



O Bloco 3 de perguntas, relacionado aos aspectos ambientais, apresenta resultados referentes à percepção acerca de mudanças ambientais, que foi evidenciada por 92% dos entrevistados, dentre os quais foram observados, em ordem crescente de importância, expansão sobre áreas rurais, ocupação dos campos de dunas, ocupação de manguezais, urbanização das praias e construção de grandes obras. A categoria outros são representadas por mudanças ambientais não associadas com a temática de estudo (Figura 5).

Figura 5 - Principais mudanças observadas no ambiente de Salinópolis.



Apesar da grande presença do Estado quanto aos estímulos ao turismo na região, essas mudanças ambientais demonstram o impacto resultante da ausência dele quando se trata de infraestruturas básicas no município, proteção às APPs e ordenamento territorial. Isso evidencia a deficiência do planejamento turístico na região, gerando efeitos negativos ao ambiente e a insatisfação da população local.

As respostas obtidas nas entrevistas com os funcionários da prefeitura foram úteis tanto para a confirmação das informações e tendências apresentadas pelas entrevistas com a população residente, quanto para complementar de forma técnica dados da população e organização socioespacial nos últimos anos (Quadro 3).

Quadro 3 - Demonstração qualitativa dos resultados da aplicação de questionários aos funcionários na Prefeitura Municipal de Salinópolis-PA.

Questões	Secretaria de Turismo	Secretaria de Obras	Secretaria de Meio Ambiente
BLOCO 1 – CARACTERIZAÇÃO POPULACIONAL			
1) População flutuante do município:	- O número de habitantes dobra em períodos de veraneio (80.000 habitantes).	- Varia por temporada: 240.000 a 250.000 habitantes.	- Não tem informação.
2) Percentual de residências e 2º residências:	- Não tem informação.	- Não tem informação.	- Não tem informação.
BLOCO 2 – TENDÊNCIA DE OCUPAÇÃO ATUAL			
3a) Regiões de maior preferência pela população flutuante:	- Próximo às praias.	- Ilha do Atalaia; - Destacado.	- Ilha do Atalaia.
3b) Regiões de maior preferência pela população fixa:	- Próximo a região central e comercial.	- Região central e periferia: Atlântico e Bom Jesus.	- Atlântico e Bom Jesus (considerados como região de invasão)
4a) Regiões de maior especulação imobiliária:	- Centro - Destacado	- Destacado - Ilha do Atalaia	- Ilha do Atalaia.

	- Ilha do Atalaia		
4b) Regiões de menor especulação imobiliária:	- Bom Jesus - São Tomé	- Bom Jesus - Atlântico	- Bom Jesus - Atlântico
5) Acontecimentos que alteraram a dinâmica de ocupação urbana:	- Vários: grandes empreendimentos, principalmente na ilha do Atalaia, gerando renda e emprego.	- Acredita que os grandes empreendimentos não impactaram a dinâmica de ocupação da população local.	- Construção de grandes empreendimentos na ilha do Atalaia atrai atividades de comércio e serviços da população local.
6) Alterações no mercado imobiliário, nos costumes e na migração frente à construção da PA-444:	- Crescimento e desenvolvimento comercial, especulação imobiliária.	- Foram observadas mudanças de ocupação tanto pela construção da PA-444, como pela instalação da UFPA e grandes empreendimentos.	- Atrativo de moradia para a população flutuante.
7) Projetos de novas obras de urbanização:	- Aeroporto em construção.	- Construção na nova Rua do Linhão (novo acesso da entrada da cidade), que cortará todo o bairro do Atlântico; - Saneamento básico no bairro Bom Jesus e Atlântico (reservatórios para abastecimento).	- Construção na nova Rua do Linhão (novo acesso da entrada da cidade); - Saneamento básico.
8) Projetos de novos empreendimentos privados:	- Conclusão do empreendimento <i>Aqualand Resort</i> .	- Apenas conclusão dos que estão em construção.	- Conclusão do empreendimento <i>Aqualand Resort</i> ; - Complexo de 5 <i>Resorts</i> (7 torres: 4 em operação, 2 em instalação e 1 em regularização prévia); - Dois parques aquáticos na ilha do Atalaia.
BLOCO 3 – DIRETRIZES, INSTRUMENTOS LEGAIS E TRÂMITES			
9) Diretrizes para expansão imobiliária na zona costeira:	- Não tem informação.	- A ocupação está ocorrendo de forma desordenada, atualmente, pois a ocupação na faixa de praia é responsabilidade do SPU (Secretaria de Patrimônio da União); - A prefeitura encontra dificuldade, principalmente quando se trata de ocupação residencial e de população de baixa renda.	- Por serem construções antigas, muitas não passaram por regularização, mas a secretaria realiza o controle e fiscalização.
10) Instrumentos legais para a gestão costeira no município:	- Código de Postura do Município. - Normas relacionadas a organização de ambulantes.	- Plano Diretor do Município.	- Plano Diretor do Município; - Leis municipais; - Política Municipal de Meio Ambiente.
11) Trâmites e restrições impostos pela prefeitura à	- Não está envolvida com o trâmite de licenciamento;	- Geralmente o interessado (10 a 15%)	- Geralmente o interessado (10 a 15%)

construção de residências no litoral:		procura a prefeitura para regularizar.	procura a prefeitura para regularizar.
12) Trâmites e restrições impostos pela prefeitura à construção de empreendimentos no litoral:	- Não está envolvida com o trâmite de licenciamento; - Tem papel de estimular o turismo e a ocupação, contanto que esteja dentro das normas.	- O interessado e prefeitura estão envolvidos diretamente para a regularização.	- O interessado e prefeitura estão envolvidos diretamente para a regularização. - Fiscalização de rotina
BLOCO 4 – ASPECTOS AMBIENTAIS			
13) Planos para Unidades de Conservação:	- Não tem informação.	- Não tem informação.	- Monumento Natural do Atalaia
14) Problemas da ocupação costeira identificados pela prefeitura:	- Ocupação desordenada; - Poluição ambiental de pousadas e restaurantes;	- Erosão costeira; - Ocupação de áreas de risco.	- Construção irregular em área de manguezais (bairro Guarani, Atlântico e Caranazinho); - Erosão costeira; - Alagamento no bairro porto grande.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Os resultados das entrevistas são apresentados em quatro blocos temáticos, trazendo informações acerca da população total (fixa e flutuante) (Bloco 1), acerca do comportamento da ocupação do município (Bloco 2), sobre as diretrizes impostas pela prefeitura para a ocupação (Bloco 3) e sobre como o município vê as questões ambientais (Bloco 4).

Com base nos resultados do Bloco 1, as secretarias informaram a inexistência de um dado oficial sobre a quantidade da população flutuante do município em alta temporada. Ao serem questionadas acerca do acréscimo populacional nesses períodos, as secretarias apresentaram respostas divergentes, onde a Secretaria de Meio Ambiente não tem informação, a de Turismo afirma que a população, que hoje é de cerca de 40 mil habitantes, chega a dobrar, e a de Obras informa que esta alcança um número entre 240 mil e 250 mil habitantes. A divergência ou mesmo ausência de informação acerca do volume populacional em dados períodos do ano é um fator que dificulta bastante o planejamento, a proposição de medidas de controle e a tomada de decisão do município, levando a gestões “individuais” das secretarias, que deveriam trabalhar de forma integrada.

Sabe-se que a população flutuante do município é mais expressiva que a população fixa durante os períodos de veraneio e feriados prolongados (BRITO, 2004; MARINHO, 2009; RANIERI, 2014), e isto é refletido na estrutura urbana do município, marcada por grande concentração de 2º residências e empreendimentos destinados a essa população visitante, que geralmente se concentram em regiões específicas.

A prefeitura não possui dados de proporção de residências da população fixa e segundas residências, todavia Marinho (2009) observou, como reflexo direto da expansão do

veraneio marítimo, localidades marcadas pela implementação do padrão de segundas residências, a exemplo do bairro Destacado e parte da ilha do Atalaia.

De acordo com os resultados do Bloco 2, é unânime a identificação de regiões de preferência da população flutuante, e conseqüentemente de maior especulação imobiliária - áreas de praias, especialmente as da ilha do Atalaia, e ao bairro Destacado - e da população residente - regiões comerciais, do Centro e periferias, com predominância dos bairros do Atlântico e Bom Jesus, devido ao melhor preço dos imóveis, em função da menor especulação imobiliária e presença de infraestrutura regular.

Quanto aos acontecimentos dos últimos anos que influenciaram na dinâmica de ocupação, tem-se a implantação de grandes empreendimentos e obras urbanas de incentivo à ocupação, principalmente na ilha do Atalaia, o que tem atraído a população pela geração de emprego e renda e também para a execução de atividades de comércio e serviço. Ao contrário dos outros representantes da prefeitura, o secretário de Obras acredita que a dinâmica de ocupação tem ocorrido dentro dos padrões esperados da expansão urbana, não sendo diretamente influenciada pela implantação de grandes empreendimentos e projetos urbanos.

Um das principais obras urbanas que estimularam a ocupação da região foi a construção da PA-444 e da ponte que liga a sede urbana à ilha do Atalaia (BRITO, 2004), fator que tem estimulado o crescimento e desenvolvimento comercial e especulação imobiliária das áreas próximas, gerando atrativos para a população flutuante.

Além disso, visto o constante crescimento da região e estímulo ao turismo, que foi crescente desde a década de 1930 até os dias atuais, existem projetos de novas obras de urbanização e grandes empreendimentos. Dentre as obras de urbanização têm-se a ampliação e restauração do Aeródromo de Salinópolis, construção da nova Rua do Linhão (novo acesso para entrada da cidade), além de obras de saneamento básico a serem estabelecidas nos bairros Bom Jesus e Atlântico. Quanto aos empreendimentos têm-se a conclusão do *Aqualand Resort*, a finalização do complexo de 5 *Resorts* (7 torres, sendo 4 já em operação, 2 em instalação e uma em fase de projeto) e a construção de dois parques aquáticos na ilha do Atalaia, os quais não foram divulgadas as empresas responsáveis.

As questões levantadas por este bloco mostram os eventos ocorridos nos últimos anos e os efeitos destes sobre a preferência de áreas pela população e pelo setor turístico. Os planos para novas obras e empreendimentos podem indicar um potencial de ocupação no seu entorno.

Os resultados do Bloco 3 trazem informações acerca das diretrizes, instrumentos legais e dos trâmites estabelecidos pela prefeitura para a construção nas regiões costeiras, sendo

importante para visualizar até que ponto a gestão municipal está envolvida com o ordenamento territorial e preservação das áreas protegidas.

A secretaria de Turismo não tem informações sobre as diretrizes da expansão imobiliária ou dos trâmites e restrições impostos pela prefeitura, tendo em vista não estar envolvida com o processo de licenciamento das obras e empreendimento ou de controle de ordenamento. Pelo contrário, o papel deste setor é justamente estimular o turismo e a ocupação, contanto que obedeça às normas. Para isso, os principais instrumentos legais adotados são o Código de Postura do Município de Salinópolis (Lei N° 2.058/2006) e normas relacionadas à organização de ambulantes.

A secretaria de Obras, por sua vez, afirma que a ocupação está ocorrendo de forma desordenada, em virtude de que a ocupação na faixa de praia é responsabilidade da Secretaria de Patrimônio da União (SPU), visto que as praias marítimas são consideradas bens da União (SPU, 2018), trazendo conflitos legais de controle e fiscalização. No entanto, com a promulgação da Lei N° 13.240/2015 a União foi autorizada a transferir aos municípios interessados a gestão das praias marítimas urbanas com a finalidade de estabelecer uma gestão compartilhada. Essa transferência é condicionada pela assinatura de um termo de adesão pela União, solicitada a interesse do município, o que, até o momento da entrevista, não havia sido efetuada.

De acordo com o entrevistado, a prefeitura encontra dificuldade, principalmente, quando se trata de ocupação residencial, com destaque para a população de baixa renda, que acaba ocupando regiões periféricas, muitas vezes consideradas áreas impróprias e de risco.

Não há trâmites ou restrições impostas pela prefeitura para construções residenciais. Em raros casos (10% a 15%) o responsável pela construção residencial, por interesse próprio, procura a prefeitura para a regularização e atendimento às normas legais. A regularização, monitoramento e fiscalização destes imóveis por parte da prefeitura se torna inviável, visto o volume de residências do litoral e o corpo técnico reduzido das secretarias.

No entanto, quando se trata de empreendimentos, tanto a prefeitura quanto o próprio interessado estão envolvidos diretamente com o licenciamento, monitoramento e fiscalização. Para estes casos, o principal instrumento legal adotado pela secretaria de Obras é o Plano Diretor do Município de Salinópolis (Lei Municipal N° 2.791/2006).

Quanto às diretrizes para a expansão imobiliária na zona costeira impostas pela secretaria de Meio Ambiente, a principal dificuldade se deve ao fato de que boa parte das construções são antigas, estabelecidas sem atendimento às normas, o que muitas vezes impede

a reconstrução dentro dos padrões legais, cabendo à secretaria apenas o controle e fiscalização destas. Quando se trata de novas construções e empreendimentos, se busca realizar previamente e corretamente o processo de licenciamento e regularização, a fim de evitar danos futuros. Os trâmites e restrições impostos por esta secretaria para a construção no litoral seguem o mesmo procedimento adotado pela secretaria de Obras, sendo a regularização de residências realizada a interesse do proprietário (10% a 15% dos casos), e de empreendimentos com o envolvimento direto do proprietário e prefeitura, acrescentado de fiscalizações de rotina, levando em conta os principais instrumentos legais municipais para a gestão costeira, os quais são o Plano Diretor (Lei nº 2.791/2006), Código de Obras (Lei nº 2.792/2006), Política Municipal de Meio Ambiente (Lei nº 2.848/2011) e Lei Orgânica do Município (Lei nº 01/2011).

O Bloco 4 traz à discussão o ponto de vista da prefeitura frente aos problemas ambientais e como o município está envolvido com planos de Unidades de Conservação.

Quanto à presença de Unidades de Conservação (UCs) no município, apenas a secretaria de Meio Ambiente alegou reconhecer. Esta UC refere-se ao Monumento Natural Atalaia, criada pelo Decreto Estadual Nº 2.077/2018, e faz parte do grupo de Proteção Integral, sendo permitida apenas a realização de estudos e pesquisas científicas, ecoturismo, recreação e lazer, educação ambiental e conservação da natureza. O órgão responsável por esta UC é o Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade (Ideflor-Bio).

O Monumento Natural Atalaia tem uma área de aproximadamente 256 hectares e é composto pelo lago da Coca-Cola e lagos de entorno; por dunas fixas e móveis; vegetação de restinga; manguezal; e pequenos igarapés (Decreto Estadual Nº 2.077, de 23 de maio de 2018).

O não reconhecimento desta Unidade de Conservação pelas outras secretarias entrevistadas reflete a ausência de uma gestão integrada e de conhecimento legal e ambiental sobre as áreas do município, o que afeta consideravelmente o planejamento e a conservação da natureza, gerando diversos problemas ambientais e costeiros.

Dentre estes problemas ambientais, a prefeitura tem identificado: ocupação desordenada; poluição ambiental de pousadas e restaurantes; erosão costeira; ocupação de áreas de risco; construção irregular em áreas de manguezais, a exemplo dos bairros Guarani, Atlântico e Carananzinho; e alagamento no bairro Porto Grande.

Por fim, a entrevista direcionada ao cartório do município foi útil ao confirmar as tendências de ocupação relatadas pela população residente e pelos funcionários da prefeitura envolvidos com o ordenamento territorial, e também pelos estudos bibliográficos e resultados indicados na análise espacial (Quadro 4). De acordo com a titular cartorária entrevistada, a

configuração espacial do município foi bastante definida pelos acontecimentos dos últimos 15 anos, no entanto é muito marcada pelos acontecimentos históricos, que levaram, na década de 1970, por exemplo, a uma intensificação de ocupação na região oeste do município, que posteriormente se direcionou para regiões centrais e próximas às praias, com destaque atualmente para a região do Atalaia quanto à sua atratividade turística e por receber grandes empreendimentos (Quadro 4 – questão 3) e obras de infraestrutura para facilitar o estabelecimento destes.

Quadro 4 - Demonstração qualitativa dos resultados da aplicação de questionário à titular do Cartório do Único Ofício de Salinópolis.

Assunto	Cartório do Único Ofício de Salinópolis
1) Histórico de ocupação do município nos últimos 15 anos:	- O processo de ocupação do município é marcado pelos acontecimentos passados, representados principalmente pelo projeto AGRISAL e pelo incentivo do Estado ao turismo, levando a uma concentração e intensificação da urbanização da região central, oeste e próximo às praias. Hoje essa urbanização tem se maximizado pelos grandes empreendimentos e infraestrutura facilitadora para o estabelecimento destes, o que atrai tanto população flutuante quanto população que migra para se fixar no município na busca de empregos.
2) Regiões com predominância de pequenas e grandes propriedades no município:	- As grandes propriedades são dominantes em regiões próximas às praias, especialmente na ilha do Atalaia em função dos grandes atrativos turísticos. - As pequenas propriedades se concentram tanto na região central como periférica do município.
3) Principais loteamentos/ empreendimentos:	Salinas Park <i>Resort</i> (GAV <i>Resorts</i>) Valle do Sall (Valle Empreendimentos Imobiliários) Aqualand <i>Resort</i> (Grupo Sall; RCI) Condomínio Raíces Marina Residence Mistral Engenharia Soterra Empreendimentos J. I. F. Abraão

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

3.3.4 Análise do modelo PEIR e a identificação de variáveis explicativas

O modelo PEIR foi usado como uma ferramenta conceitual de análise para avaliar a dinâmica de ocupação em Salinópolis e levantar as principais variáveis explicativas desse processo.

A partir da análise dos resultados obtidos com o estudo bibliográfico, análise espaço-temporal e com os questionários foi possível identificar os elementos que envolvem o modelo PEIR, ou seja, as principais pressões ou causas que definem a conformação da ocupação no município, o estado atual, os impactos associados às pressões e as principais respostas da sociedade, seja por meio de novas direções da ocupação do espaço ou pela implementação de instrumentos legais de gestão e planejamento urbano e ambiental.

Os questionário aplicados à população e aos informantes-chave, por exemplo, foram cruciais para a compreensão as principais pressões exercidas sobre a ocupação do território ao

fornecer informações sobre fatos históricos, antigos e recentes, que levaram à atual formação socioespacial. Essa base de dados também foi importante no auxílio ao entendimento do estado a área de estudo, ao refletir a tendência de ocupação atual, assim como na identificação de alguns impactos existentes, ao trazer a percepção da população sobre a ocupação desordenada, poluição e erosão costeira.

As entrevistas realizadas com os representantes das prefeituras, indicaram ainda uma série de respostas da sociedade e do poder público frente às pressões de ocupação do município, como os instrumentos legais de gestão, a exemplo do Plano Diretor Municipal, Política Municipal de Meio Ambiente, criação da Unidade de Conservação Monumento Natural do Atalaia, projetos de habitação, crescimento comercial, implantação de grandes empreendimentos, entre outros.

A análise espaço-temporal também foi essencial na compreensão das respostas da sociedade em função da dinâmica de ocupação, visto que mostrou, ao longo dos anos, quais áreas foram mais modificadas pela expansão urbana. Essa análise também trouxe informações sobre o estado recente da ocupação do município e sobre áreas de preservação permanente impactadas pela urbanização, a exemplo da antropização de áreas de manguezais e restingas.

O estudo bibliográfico, por sua vez, foi fundamental ao apresentar as principais informações acerca de acontecimentos históricos, criação de leis e de projetos, implementação de grandes empreendimentos que foram reflexo, resposta, da dinâmica de ocupação do município.

Essa compreensão geral e também individual dos indicadores do modelo PEIR auxiliou grandemente na identificação dos principais fatores que influenciam na conformação territorial da área de estudo, ou seja, nas variáveis que explicam o fenômeno da ocupação urbana no local.

Os principais indicadores de pressão na área de estudo identificados incluem: a especulação imobiliária; o incentivo ao turismo; o desejo de áreas mais próximas à natureza e praias pela população flutuante e empresas imobiliárias e de vertente turística, como as de implantação de parques aquáticos; a busca por lotes mais baratos ou áreas de invasão pela população local, geralmente representados por bairros periféricos ou áreas impróprias e; busca por áreas de melhor infraestrutura e mais próximas aos centros urbanos tanto pela população local como pela flutuante.

O estado atual do ambiente na região reflete as pressões sobre a área de estudo e evidencia: a concentração de grandes empreendimentos na Ilha do Atalaia; grande quantidade

de 2° residências, principalmente próximas às praias do Atalaia, Farol Velho e Maçarico, com destaque para o bairro do Destacado; ocupação de dunas e próxima e sobre a linha de costa; avanço de obras urbanas sobre manguezais, a exemplo da obra de duplicação da PA-444, que liga o município à Ilha do Atalaia; expansão urbana próxima à entrada da cidade e ao longo da PA-124 e PA-444; concentração urbana e intensa movimentação de pessoas próxima aos centros comerciais; ocupação de bairros periféricos e; a presença de regiões com movimentação apenas em períodos de alta temporada turística e que durante o resto do ano são pacatas, como em áreas próximas à Orla do Maçarico e em boa parte da Ilha do Atalaia (Figura 6).

Figura 6 - Exemplos do estado atual do ambiente em Salinópolis/PA (2019). A) Duplicação da PA-444 e avanço sobre áreas de manguezais; B) Ocupação sobre a linha de costa – Ilha do Atalaia; C) Regiões com movimentação apenas em alta temporada – Orla do Maçarico; D) Centro comercial.



Fonte: Autora.

Os impactos, por sua vez, representam as consequências das mudanças do estado do ambiente. Os principais impactos observados na área de estudo foram: a segregação socioespacial; a modificação e ocupação de ecossistemas como áreas de manguezais, dunas e restingas; potencialização da erosão costeira, principalmente nas praias do Farol Velho e Atalaia; economia sazonal; ocupação desordenada e; saneamento ineficiente nas regiões periféricas.

As respostas da sociedade frente às pressões e impactos sobre o estado do ambiente referem-se: à migração para áreas de menor especulação imobiliária pela população local; intensificação de ocupação em áreas centrais e próximas às praias; intensificação da implantação de grandes obras urbanas e empreendimentos para atender o turismo; implantação de atividades de comércio e serviços pela população local para atender o público flutuante, ficando em inatividade ou reduzindo drasticamente o rendimento durante os períodos de baixa temporada e; recuo de estruturas físicas instaladas próximas à linha de costa que têm sido afetadas pela erosão costeira.

Essas respostas são uma reação aos indicadores de pressão, estado e impacto, no entanto também são consideradas ações sobre os mesmos indicadores, que podem refletir na atenuação ou anulação dos impactos ambientais, caso medidas de organização socioespacial sejam tomadas, ou mesmo na intensificação destes, caso nenhuma medida de planejamento urbano e populacional seja tomada (Figura 7).

Verificando os resultados das análises anteriores e compreendendo os indicadores de pressão, estado, impacto e resposta que levam à dinâmica de ocupação atual da área de estudo, foi possível identificar os principais fatores (variáveis explicativas) que definem os direcionamentos da expansão urbana no município (Quadro 5).

Figura 7 - Aplicação do modelo PEIR na análise de ocupação da área de estudo.



Quadro 5 - Variáveis explicativas da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis (PA).

Variável	Descrição
Distância ao mar	Medida a partir da linha da costa, considerada um elemento importante no processo histórico de ocupação. Áreas mais próximas ao mar são mais atrativas ao turismo e à população flutuante, enquanto que áreas mais distantes são preferenciais da população fixa e/ou periférica.

Distância às rodovias PA-444 e PA-124	A proximidade às estradas é um fator explicativo da ocupação pois os agentes priorizaram áreas de acesso facilitado.
Densidade de malha viária	Além de proximidade a estradas, a densidade de malha viária foi considerado indicativo do grau de urbanização, influenciando na escolha do espaço para novas construções urbanas.
Distância às áreas de maior especulação imobiliária	Este vetor sintetiza a influência da proximidade às áreas de maior interesse econômico no município. Essas áreas são: Ilha do Atalaia, Bairro do Destacado e Orla do Maçarico.
Grau de implantação de empreendimentos	Quanto maior o grau e magnitude de empreendimentos implantados, maior a atratividade da urbanização e atividades relacionadas ao turismo, principal fonte da economia do município. Esses empreendimentos serão: <i>resorts</i> , grandes hotéis, parques aquáticos e grandes condomínios litorâneos.
Distância às manchas urbanas consolidadas	Reflete a tendência de concentração das novas ocupações urbanas em relação às ocupações já existentes.
Distância às áreas de menor especulação imobiliária	Essas áreas geralmente são uma das principais opções da população local de média e baixa renda para expansão urbana. Normalmente são representadas por bairros periféricos. Essas áreas são: bairros do Atlântico I, Atlântico II, Bom Jesus I, Bom Jesus II, São Tomé, Guarani e São José.
Distância ao centro comercial	As áreas centrais onde está instalada a maior parte do comércio da região, a exemplo dos bairros do Centro e João Paulo II, possuem grande interesse pela população local, visto a atratividade por infraestrutura, postos de trabalho e para interesses de implantação de atividades comerciais.

3.4 Conclusão

Com o passar das décadas o potencial turístico de Salinópolis passou a ser intensamente explorado e incentivado pelo Estado, tornando este um dos municípios mais populosos do Pará e com grande estrutura para atender a população visitante, que se torna mais expressiva que a população residente em períodos de veraneio. Isso é refletido na grande concentração de segundas residências, grande especulação imobiliária em algumas regiões, implantação de *resorts*, parques aquáticos, grandes condomínios e grandes obras urbanas, especialmente na ilha do Atalaia, em áreas próximas à Orla do Maçarico e no bairro Destacado.

Apesar da grande presença do Estado nos incentivos ao turismo na região, este se mostra ausente quando se tratam das necessidades da população residente, que crescentemente tem migrado para áreas de menor especulação imobiliária, bairros de periferia e invasão, com saneamento básico deficiente, e também ocupando áreas de risco, a exemplo dos bairros Atlântico I e II, Bom Jesus, I e II, Guarani, São Tomé e São José.

A região central do município é de grande interesse tanto para a população flutuante, que busca conforto e acesso facilitado ao comércio e serviços, quando para a população residente, na busca por infraestrutura, postos de trabalho e na tentativa de implantar atividades de comércio e serviços.

Em todos os casos, o movimento de ocupação veio acompanhado de impactos ao meio ambiente, como a ocupação de áreas protegidas (manguezais, restingas e dunas), danos aos ecossistemas, erosão costeira, contaminação do lençol freático, poluição por resíduos sólidos e efluentes, ocupação de áreas de risco, dentre outros.

A aplicação do modelo PEIR auxiliou na interpretação dos indicadores de pressão que implicam no estado do ambiente da área de estudo, causando impactos, que são refletidos em respostas da sociedade quando à ocupação da terra no município. Além disso, permitiu o levantamento das principais variáveis que explicam a dinâmica de ocupação em Salinópolis, que são: distância ao mar; distância às rodovias PA-444 e PA-124; densidade de malha viária; distância às áreas de maior especulação imobiliária; grau de implantação de empreendimentos; distância às manchas urbanas consolidadas; distância às áreas de menor especulação imobiliária; e distância ao centro comercial.

Essas variáveis explicativas podem ser utilizadas em trabalhos futuros como os principais dados de entrada para a modelagem de uso e ocupação da terra e construção de cenários futuros, visto que estas são as variáveis que têm efeitos sobre uma variável dependente de interesse (variável resposta), que no caso são as classes de ocupação da terra. A sua escolha é determinante para o sucesso da aplicação dos modelos, assim, a metodologia aplicada neste capítulo tem grande potencial de auxílio nessa escolha, tendo em vista que esta é uma das etapas mais importantes e complexas do processo de modelagem,

Agradecimentos

Agradecimento aos alunos de iniciação científica do Laboratório de Modelagem Hidroclimática e de Cobertura da Terra na Amazônia – LabHCAM da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA pelo apoio na aplicação dos questionários em Salinópolis-PA.

Referências

AGUIAR, A. P. D.; VIEIRA, I. C. G.; ASSIS, T. O.; DALA-NORA, E.; TOLEDO, P. M.; SANTOS-JÚNIOR, R. A. O.; BATISTELLA, M.; COELHO, A. S.; SAVAGET, E. K.; ARAGÃO, L. E. O. C.; NOBRE, C. A.; OMETTO, J. P. H. Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 22, p 1821-1840, 2016. DOI: 10.1111/gcb.13134

ALMEIDA, A. F. **Os efeitos das políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico na zona costeira do nordeste paraense: expansão rodoviária, urbanização e atividade turística.** 2017. 115f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, 2017.

ANTOCHEVIZ, F. B. Análise multiescalar da expansão urbana de cidades litorâneas. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 17., 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANPUR, 2017. p. 1-20, ref. 8.1-02.

AREND, M.; FONSECA, P.C.D. Brasil (1955-2005): 25 anos de catching up, 25 anos de falling behind. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 33-54, 2012.

BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S. **Projeto de pesquisa:** propostas metodológicas. 5.ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

BRAGA, R. C.; PIMENTEL, M. A. S. Índice de vulnerabilidade diante da variação do nível do mar na Amazônia: estudo de caso no município de Salinópolis-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.12, n.02,p. 534-561, 2019.

BRITO, F. M. O. **Salinópolis-PA: (Re) Organização Sócio-Espacial de um Lugar Atlântico-Amazônico.** 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CAVALCANTE, F.C. Migração e ocupação nos espaços periféricos da zona costeira do Estado do Pará: o caso do município de Salinópolis. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 10., 2001, Guarapari. **Anais [...]** Guarapari: ABEQUA, 2001. p. 1-6.

CARVALHO, P. G. M. de.; BARCELLOS, F. C. Mensurando a Sustentabilidade. In. MAY, P. **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática.** 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2010, p. 99-132.

COHENCA, D. **Modelagem de Cenários de Ocupação no Litoral Sul de Santa Catarina utilizando técnicas de Análise Geoespacial.** 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

FURTADO, L. F. G. Ocupação humana do litoral amazônico. In: PROST, M.T.R.C.; MENDES, A. **Ecosistemas costeiros: impactos e gestão ambiental.** Belém: MPEG, 2011b. 220p.

FURTADO, L.F.G.; NASCIMENTO, I.H. Traços de uma comunidade pesqueira do litoral Amazônico: relato sobre organização em comunidade haliêutica. In: FURTADO, L.F.G.; QUARESMA, H.D.A.B. (Org.). **Gente e ambiente no mundo da pesca artesanal.** Belém: MPEG, 2002. 258p.

GARI, S. R.; NEWTON, A.; ICELY, J.D. A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. **Ocean Coast. Manag.** v. 103, p. 63-77, 2015

GOODE, W. J.; HATT, P. K. **Métodos em pesquisa social.** 7.ed. São Paulo: Nacional, 1979.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2019.** Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e

Indicadores Sociais, IBGE, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/salinopolis/panorama>. Acesso em: 02 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2011**. 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2011/estimativa.sht>. Acesso em: 30 ago. 2018.

KAWASHIMA, R. S.; GIANNOTTI, M. A.; ALMEIDA, C. M.; QUINTANILHA, J. A. Modelagem dinâmica espacial como ferramenta para simulação de cenários da paisagem na região portuária da Baixada Santista. **Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos**, Curitiba, v. 22, n. 4, p.703 – 718, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702016000400040>

MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R.; RUDORFF, B. F. T. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos**, Curitiba, v. 19, n. 2, p.313-337, 2013.

MARINHO, R. S. **Faces da expansão urbana em Salinópolis, zona costeira do Estado do Pará**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

MELLO, K.; TOPPA, R. H.; ABESSA, D. M. S.; CASTRO, M. Dinâmica da expansão urbana na zona costeira brasileira: o caso do município de São Vicente, São Paulo, Brasil. **Revista Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 13, n. 4, p. 539-551, 2013. DOI:10.5894/rgci432

PINTO, R.; DE JONGE, V. N.; NETO, J. M.; DOMINGOS, T.; MARQUES, J. C.; PATRÍCIO, J. Towards a DPSIR driven integration of ecological value, water uses and ecosystem services for estuarine systems. **Ocean Coast. Manag.** v. 72, p. 64-79, 2013.

RANIERI, L. A. **Morfodinâmica Costeira e o Uso da Orla Oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará, Brasil)**. 2014. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, 2014.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Costa de Salinópolis (Setor Corvina - Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Porto, v. 16, n. 2, p. 133-146, 2016.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 42, n. 3, p. 207-226, 2015.

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M.; SILVA, M. R. F. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN – Brasil. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 281-290, 2013.

SANTANA, G. Formas organizativas e estratégias de vida no litoral paraense. In: PROST, M.T.R.C.; MENDES, A. (Org.). **Ecosistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. Belém: MPEG, 2011. 220p.

SOUZA, G. B. N.; ROCHA, G. M. Ordenamento territorial na ilha do Atalaia, Salinópolis (PA): uma análise a partir dos diferentes trechos de ocupação. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará (IHGP)**, Belém, v. 05, n. 01, p. 137 - 151, 2018.

SOUSA-FELIX, R. C. S.; PEREIRA, L. C. C.; TRINDADE, W. N.; SOUZA, I. P.; COSTA, R.M.; JIMENEZ, J. A. Application of the DPSIR framework to the evaluation of the recreational and environmental conditions on estuarine beaches of the Amazon coast. **Ocean & Coastal Management**, v. 149, p. 96-106, 2017.

SPU – SECRETARIA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO. **Manual de Fiscalização do Patrimônio da União – 2018**. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2018. Disponível em: http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/patrimonio-da-uniao/fiscalizacao-1/180517_manual-de-fiscalizacao-2018.pdf Acesso em: 18 mai. 2020.

ZAR JH. **Biostatistical Analysis**, 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NA ILHA DO ATALAIA BASEADA NA MUDANÇA DE OCUPAÇÃO DA TERRA

Resumo

Os ambientes costeiros, principalmente os representados por praias oceânicas, apresentam sistemas transicionais muito dinâmicos e sensíveis às transferências locais de energia. Identificar setores suscetíveis à erosão nesses ambientes é fundamental para o planejamento territorial, especialmente em áreas que sofrem com efeitos de problemas ambientais, a exemplo da erosão costeira, como é o caso do município de Salinópolis (PA). Nesse sentido, este capítulo objetivou avaliar a suscetibilidade à erosão na orla marítima da Ilha do Atalaia, localizada em Salinópolis, com base nas mudanças de ocupação da terra e nas tendências observadas da dinâmica de ocupação da população local. Para isso, foi realizada uma avaliação multicritério dos indicadores: ocupação da terra; topografia e; geoindicadores obtidos em campo. A área de estudo foi classificada em Baixa, Média e Alta Suscetibilidade à erosão costeira. Os resultados indicaram uma alta suscetibilidade à erosão na região central da ilha, envolvendo parte das praias do Atalaia e Farol Velho, onde há intensa urbanização sobre a linha de costa combinada a declividades superiores à 15%, com evidências de erosões ativas. A classe de baixa suscetibilidade foi predominante no leste da ilha, em áreas declividade baixa, abaixo de 5% em sua maioria, e com campos de dunas desenvolvidos e estáveis. A áreas de média suscetibilidade se distribuíram na transição entre as classes baixa e alta, apresentando características intermediárias de declividade e ocupação, com presença de dunas parcialmente alteradas e descontínuas. Com base nesses resultados, unidos à compreensão dos fatores que influenciam na dinâmica de migração da população dentro do município, possível indicar áreas com potencial risco de aumento de suscetibilidade à erosão, em setores de alta declividade onde a urbanização está próxima.

Palavras-chave: erosão costeira; avaliação multicritério; mapeamento da suscetibilidade.

Abstract

The coastal environments, especially those represented by ocean beaches, have very dynamic transitional systems that are sensitive to local energy transfers. Identifying sectors susceptible to erosion in these environments is essential for territorial planning, especially in areas that suffer from the effects of environmental problems, such as coastal erosion, as is the case in the municipality of Salinópolis (PA). In this sense, this chapter aimed at evaluating the susceptibility erosion on the coast of Atalaia Island, located in Salinópolis, based on changes

in land occupation and in the observed trends of the dynamics of occupation of the local population. For this, will be realized a multicriteria evaluation of the indicators: land occupation; topography; and geoindicators obtained in the field. The study area was classified as Low, Medium and High Susceptibility to coastal erosion. The results indicated a high susceptibility to erosion in the central region of the island, involving part of the Atalaia and Farol Velho beaches, where there is intense urbanization on the coastline combined with slopes greater than 15%, with evidence of active erosion. The low susceptibility class was predominant in the east of the island, mostly in low slope, below 5%, and with developed and stable dune fields. The areas of medium susceptibility were distributed in the transition between the low and high classes, presenting intermediate characteristics of slope and occupation, with the presence of partially altered and discontinuous dunes. Based on these results, together with the understanding of the factors that influence the dynamics of population migration within the municipality, it was possible to indicate areas with potential risk of increased susceptibility to erosion, in high-slope sectors where urbanization is close.

Keywords: coastal erosion; multicriteria assessment; mapping susceptibility.

4.1 Introdução

Diferentes ambientes costeiros respondem de forma distinta à energia recebida pelo sistema oceânico e às suas características físicas intrínsecas, sendo as praias oceânicas um dos que apresentam sistemas transicionais mais dinâmicos e sensíveis a variações locais de energia ao longo do tempo (HOEFEL, 1998).

Identificar e analisar nesses ambientes os setores mais suscetíveis a processos erosivos, problema que afeta grande parte dos espaços litorâneos – inclusive no município de Salinópolis (PA), pode auxiliar a gestão local na definição de suas prioridades, contribuindo de forma significativa com o poder público no planejamento urbano, ordenamento territorial e na elaboração de planos para minimizar e evitar danos à população e ao ambiente, visto que ao se ter informações acerca de setores mais suscetíveis a processos erosivos, se poderá evitar ou minimizar a ocupação (SERAFIM; BONETTI, 2017).

A avaliação da suscetibilidade à erosão costeira irá considerar a maior ou menor propensão à modificação da condição de equilíbrio desses ambientes em função das características do seu meio físico, condicionantes deste processo (MULER; BONETTI, 2014). Essa análise refere-se à possibilidade de ocorrência de eventos erosivos em função das características naturais do meio, porém quando se trata de uma área em que há atuação humana,

além das feições naturais do meio, devem-se avaliar as interferências antrópicas (BINDA, 2008), visto que a ocupação em áreas inadequadas, estimuladas por atividades como o turismo, muito presente em Salinópolis, tem acelerado ou desencadeado processos erosivos ao longo da costa, conforme foi verificado nos trabalhos de Rudorff e Bonetti (2010), Valladares *et al.* (2012), Saraiva *et al.* (2019) e Lima, Oliveira e Moura-Fé (2021).

Essa avaliação demanda do entendimento dos processos atuantes na costa, os quais são verificados a partir de informações de variáveis como declividade do terreno, tipo de linha de costa, largura da praia, exposição às ondas, marés meteorológicas, marés astronômicas, variação da linha de costa, precipitação, ventos, cobertura da terra e tipo de solo (MARTINI *et al.*, 2006; SERAFIM; BONETTI, 2017). Além disso, ainda é possível investigar a suscetibilidade à erosão a partir da análise do histórico do local, realizando levantamentos de ocorrências passadas e as associações com possíveis fatores desencadeadores, com a finalidade de compreender também a dinâmica de ocupação da população, visto que ao identificar quais os principais fatores que influenciam na migração dentro de um município, pode-se projetar tendências de ocupação do território (MARTINI *et al.*, 2006).

Diversos estudos têm tratado da análise da suscetibilidade à erosão no Brasil, gerando mapeamento para várias áreas, usando tanto a aplicação do método de análise de multicritério (VALADARES *et al.*, 2012; SILVA; MACHADO, 2014) como o método da equação universal de perda de solo - USLE (VALE JÚNIOR *et al.*, 2001). A grande quantidade de estudos desse tema mostra a importância e a eficiência desta análise, produzindo conhecimento acerca deste evento para fins de organização territorial e minimização de desastres naturais.

Porém, no Brasil, a precariedade de dados e informações acerca das variáveis que influenciam na dinâmica costeira, a exemplo de dados de correntes marítimas, comportamento de maré e largura de praia, impõe obstáculos para se alcançar esse objetivo (RUDORFF; BONETTI, 2010). Diante destas circunstâncias, alguns estudos como os de Bush *et al.*, (1999) e Rudorff (2005) propuseram o uso de geoindicadores como uma alternativa viável para o mapeamento da suscetibilidade, visto que estes indicam tendências da linha de costa e da ocupação da terra, que são úteis à compreensão dos processos atuantes e dos riscos aos quais essas regiões estão sujeitas. Assim, a identificação de geoindicadores unida à análise de outros fatores físicos e socioeconômicos que podem influenciar a erosão em ambientes costeiros se tornou uma importante medida para avaliar a sua suscetibilidade (RUDORFF; BONETTI, 2010).

Ainda assim, considerando que diversos elementos influenciam no desencadeamento desses processos, essa análise precisa de ferramentas para combiná-los e ponderá-los de forma coerente. Isto pode ser realizado a partir da avaliação multicritério, empregando técnicas de análise espacial em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, onde são considerados fatores físicos de influência, hipóteses e classificações, que irão compor um “quadro de decisão” para as opções de baixa, média e alta suscetibilidade (EASTMAN *et al.*, 1995).

Diante disso, este capítulo teve como objetivo avaliar a suscetibilidade erosiva da orla marítima da Ilha do Atalaia a partir da avaliação de multicritério de informações topográficas, análise espaço-temporal da ocupação da terra e de geoindicadores obtidos em campo. Isto será de grande importância para o planejamento e ordenamento urbano do município, fornecendo a espacialização das áreas de diferentes classes de suscetibilidade à erosão costeira e a sobreposição destas com as áreas urbanizadas e com potencial de urbanização. Além disso, ao avaliar estas sobreposições juntamente com as tendências da população em ocupar diferentes áreas dentro do município será possível gerar informações com vistas a minimizar e evitar a ocupação de áreas de risco, ao permitir a indicação de áreas que podem, futuramente, sofrer erosão.

4.2 Material e Métodos

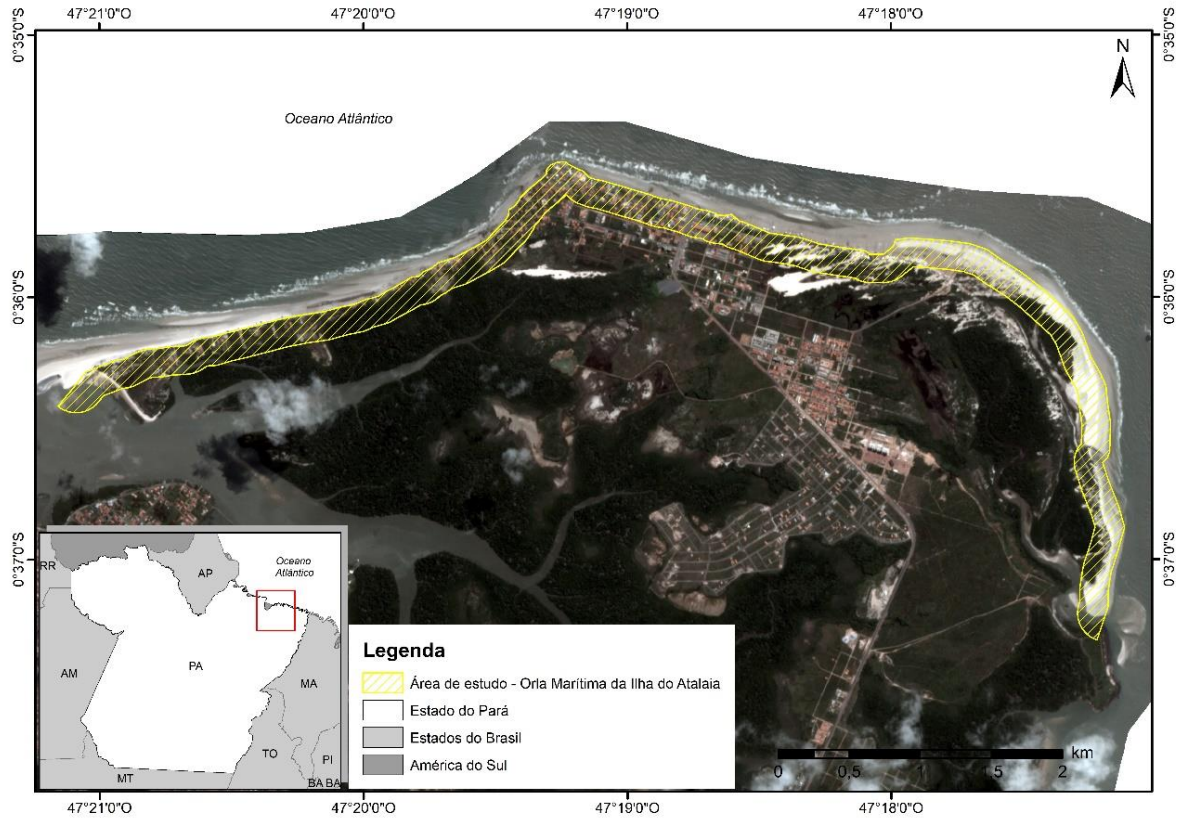
4.2.1 Área de estudo

A área de estudo neste capítulo concentra-se na zona terrestre da orla marítima das praias do Atalaia e Farol Velho, (Figura 1), afim de direcionar a análise da erosão costeira para essas regiões. Apesar de, segundo o BRASIL (2002), a zona terrestre da orla marítima se limitar a 200 metros a partir da linha de costa para áreas não urbanizadas e 50 metros para áreas urbanizadas, para esta análise será considerada a largura de 200 metros por toda a extensão da orla marítima, a fim de avaliar uma extensão maior onde a urbanização está localizada, tendo em vista que, por vezes, a ocorre o recuo e realocação de estruturas urbanas.

Essa região tem elevado potencial ecológico e ambiental, refletindo na riqueza dos ecossistemas locais e no estabelecimento de ambientes de grande função ambiental, como as áreas de preservação permanentes, representadas pelos manguezais e restingas (MARINHO, 2009). Na praia do Farol velho, onde ocorrem os maiores impactos em função da urbanização e especulação imobiliárias, são observados afloramentos rochosos e esta é limitada por moradias construídas sobre antigos campos de dunas. Enquanto que a praia do Atalaia, por sua

vez, é limitada por campos de dunas e restinga na linha de costa, com processo crescente de expansão urbana (RANIERI, 2014).

Figura 1 - Localização da área de estudo – Orla Marítima da Ilha do Atalaia, Salinópolis-PA (Datum: Sirgas 2000. Projeção: geográfica. Dados: IBGE e ANA. Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B – Ano 2018).



Fonte: Autora.

Parte da área urbanizada desse município está sobreposta ou envolvida por esses ambientes, o que vem implicando na redução de áreas naturais, degradação de ecossistemas, ocupação de áreas de risco e erosão costeira (RANIERI; EL-ROBRINI, 2016). Os processos erosivos tem afetado principalmente as áreas mais antropizadas, levando ao recuo de barracas e estruturas e perdas de moradias na praia do Atalaia e Farol Velho, principalmente (RANIERI; EL-ROBRINI, 2015) (Figura 2).

Figura 2 - Exemplo de área de avanço da erosão costeira levando à perda de moradias na praia do Farol Velho. Ano de 2019.



Fonte: Autora.

4.2.2 Dados

Neste trabalho foi feita uma adaptação da metodologia proposta por Rudorff e Bonetti (2010), onde os dados utilizados foram: de ocupação da terra; topográficos e; de geoindicadores.

Para a análise espacial, foram utilizados os resultados da classificação de ocupação da terra, aplicando o método de classificação Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA) ou classificação orientada a objeto, de acordo como aplicado por Baatz *et al.* (2004) e Alves *et al.* (2009). Os anos de análise foram 2010, 2014 e 2018, sendo este período estabelecido em função do tempo em que consideráveis mudanças ocorreram na costa, resultante da dinâmica costeira que, segundo Costa Júnior *et al.* (1992) e Braga e Pimentel (2019), ocorre em torno de 10 anos. Para isso foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução espacial, como as dos satélites SPOT-5 (Satellite Pour l'Observation de la Terre) RapidEye PlanetScope, para os anos de 2010, 2014 e 2018, respectivamente.

Os procedimentos metodológicos, descritos detalhadamente no capítulo 2, se deram pela definição das classes de ocupação encontradas na área de estudo, pré-processamento das imagens, cálculo do índice de vegetação SAVI (HUETE, 1988) e união às bandas da imagem a fim de inserir informação textural, necessária no método GEOBIA, segmentação por crescimento de regiões (BAATZ; SCHAPE, 2000), classificação e validação da classificação,

conforme proposto por Congalton e Green (2009). Para as classificações GEOBIA, foi utilizada a plataforma GeoDMA no software TerraView 5.3.3.

Para a determinação da suscetibilidade à erosão atual foi usada a classificação das imagens referentes ao ano de 2018, visto esta ser a data mais próxima da coleta de dados em campo.

Os dados topográficos e de declividade da área de estudo foram obtidos através do Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborado a partir de imagem de radar do Satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite), proveniente do sensor de micro-ondas PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar). Este sensor opera na Banda L, sendo capaz de obter imagens diurnas e noturnas em quaisquer condições atmosféricas, com resolução espacial que pode variar de 7 a 100 metros, dependendo do modo de aquisição utilizado (JAXA, 2008). A imagem utilizada é do dia 01 de outubro de 2010, e permitirá uma análise em resolução espacial de 12,5 metros.

Quanto aos geoindicadores, estes foram obtidos em campo e adotaram peculiaridades da área de estudo. Uma lista deles foi elaborada por Bush *et al.* (1999) e aplicada a diversos estudos, como o de Rudorff e Bonetti (2010). A campanha de coleta de informações de geoindicadores ocorreu em 26 de agosto de 2019 nas praias do Atalaia e Farol Velho.

Na tabela a seguir estão apresentados os geoindicadores selecionados para este trabalho (Tabela 1). Nas colunas da tabela estão definidos: as categorias dos geoindicadores; os pesos atribuídos a cada categoria; os geoindicadores de fato, selecionados com base nos trabalhos de Bush *et al.* (1999), Rudorff (2005) e Rudorff e Bonetti (2010), e adaptados à este estudo; os pesos de cada um deles, que foram definidos com base na magnitude da importância que cada indicador tem para a ocorrência de processos erosivos (COBURN, 2001); a pontuação normalizada, que corresponde ao produto do peso do indicador pelo peso de sua categoria; os seus atributos; os pesos de cada atributo, sendo os pesos 1, 2 e 3 os de baixa, média e alta suscetibilidade, respectivamente; e, por fim, a pontuação estabelecida para cada atributo (produto da pontuação normalizada e do peso do atributo), ou seja, os índices de suscetibilidade.

Houve duas formas de caracterização dos geoindicadores: in loco e por Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os geoindicadores taxa de erosão, dunas, estado da duna, tipo de duna frontal, vegetação de duna frontal e estado da duna interior foram caracterizados em campo (in loco), a partir da aplicação de ficha de análise de suscetibilidade (APÊNDICE D) em diferentes pontos da costa da área de estudo, com auxílio de GPS de navegação. Enquanto que o indicador largura média de praia foi caracterizado em SIG. Os pontos de coleta tiveram uma

distância de aproximadamente 100 metros, a fim de se ter representatividade ao longo da linha de costa. Posteriormente, os dados foram plotados em ambiente SIG para análise espacial.

Tabela 1 - Geoindicadores de suscetibilidade.

Categoria	Peso	Geoindicador	Peso	Pont. Norm.	Atributo	Peso	Pontuação
Linha de Costa	0,9	Taxa de erosão	0,3	0,14	Erosão Severa	3	0,41
					Erosão	2	0,27
					Estabilização	1	0,14
		Dunas	0,2	0,09	Ausência	3	0,54
					Poucos ou descontínuas	2	0,18
					Altas e contínuas	1	0,09
		Estado da duna	0,2	0,09	Alterada	3	0,27
					Pouco Alterada	2	0,18
					Natural	1	0,09
		Tipo de duna frontal	0,1	0,05	Ausência	3	0,14
					Presença escarpada	2	0,09
					Presença sem escarpa	1	0,05
		Vegetação da duna frontal	0,1	0,05	Ausente	3	0,14
					Presente e esparsa	2	0,09
					Estabelecida	1	0,05
Largura da praia	0,1	0,05	< 11 m	3	0,14		
			> 11 m e < 18 m	2	0,09		
			> 18 m	1	0,05		
Interior	0,1	Estado da duna interior	1	0,05	Duna removida ou ausente	3	0,15
					Descontínua c/ vegetação	2	0,10
					Alta, bem desenvolvida	1	0,05
Pontuação Total							3

Fonte: Adaptado de Rudorff e Bonetti (2010).

O indicador Taxa de Erosão refere-se à condição da costa quanto aos processos erosivos, quando presentes. Para a análise deste contou-se com o auxílio dos atributos descritos no quadro 1.

O indicador Duna está relacionado à identificação em campo da presença ou ausência destas, sendo classificadas em ausente, poucas ou descontínuas e altas e contínuas, representadas por ambientes em equilíbrio. O estado da Duna, por sua vez, refere-se à configuração da duna a partir da checagem no local, podendo ser definidas em alterada (removidas artificialmente, interrompidas por estradas, trilhas ou construções, e com vegetação

removida), pouco alterada (moderadamente vegetada, com menores interrupções por estradas ou trilhas e por nivelamento para a construção) ou natural (altas e arborizadas, com estradas que contornam os campos de dunas).

O indicador Tipo de Duna Frontal está associado à sua presença ou ausência e quanto às suas condições quando presentes, sendo subdivididas em campo como ausente, presente escarpada e presente sem escarpas. Escarpas são formas de relevo caracterizadas por grande elevação entre áreas de transição (RUDORFF, 2005). A Vegetação de Duna Frontal, envolve a identificação da presença e configuração da vegetação de fato sobre as dunas frontais, sendo classificadas em ausente, presente esparsa e estabelecida (presente contínua).

Quadro 1 - Análise do geoindicador *taxa de erosão*.

Atributo do indicador	Características
Erosão Severa	Dunas ausentes com leques de sobrelavagem ⁵ frequentes; Escarpamento ativo de falésias ou remanescente de dunas por ondas; Canais de maré expostos na zona de surfe ⁶ ; Vegetação ausente; Falésias ativas; Evidências de estrutura de contenção anteriores Escarpamento da praia evidente
Erosão	Dunas escarpadas ou fragmentadas; Lama ou pedaços de árvores expostos na praia; Praia estreita ou ausência de praia seca; Vegetação efêmera ou derrubada ao longo da linha de escarpa. Sinais de instabilidade
Estabilização	Dunas e cristas praias robustas, sem ruptura, vegetadas; Praia larga com berma bem desenvolvida; Leques de sobrelavagem ausentes; Vegetação bem desenvolvida de restinga no interior, arbustos de duna e gramínea pioneira.

Fonte: Adaptado de Rudorff e Bonetti (2010).

Quanto ao indicador de categoria interior, o Estado da Duna Interior, a classifica de acordo com a sua altura, estado de preservação e cobertura vegetal, em removida ou ausente, descontínua com vegetação e alta bem desenvolvida.

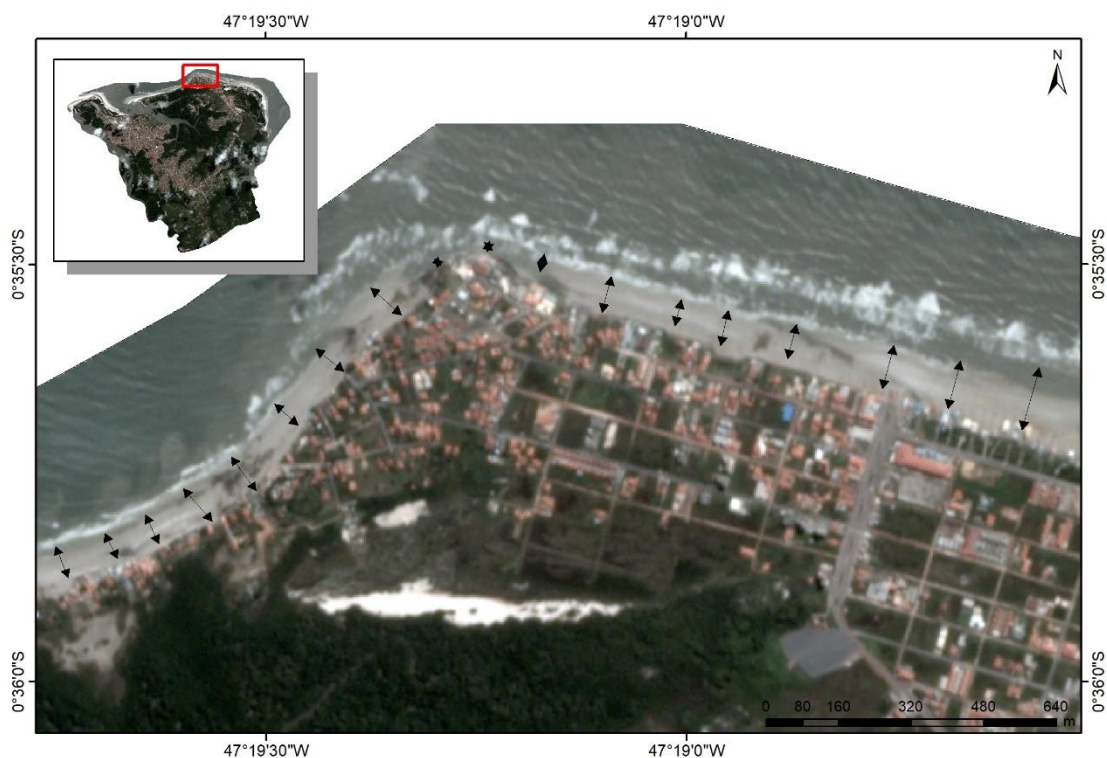
O auxílio para a seleção e caracterização destes geoindicadores foi a partir das metodologias apresentadas por Bush *et al.*, (1999), Rudorff e Bonetti (2010) e Rudorff (2005).

⁵ O processo de sobrelavagem, de acordo com Stein (2018), ocorre quando a superfície livre do oceano atinge um nível máximo de modo a ultrapassar a altura de crista da duna praias ou outro obstáculo presente na costa, comportamento característico de eventos extremos associados às marés astronômicas, meteorológicas e altura de onda. Em linhas de costa urbanizadas, a exemplo da Ilha do Atalaia, é comum a construção de obras com a finalidade de proteger a terra de inundações causadas pela sobrelavagem.

⁶ Região onde ocorre a dissipação de energia das ondas incidentes pela quebra de onda, geralmente associada à zona de arrebanção (KOMAR, 1998).

Por sua vez, o geoindicador largura de praia foi obtido em ambiente SIG, através de medição manual com a ferramenta *Measure* do *software* ArcGis 10.6. A figura 3 exemplifica essa medição na ilha do Atalaia. A largura da faixa de praia foi medida da interface entre a areia seca e úmida até a base de uma barreira física abrupta, como área urbanizada, dunas ou vegetação de restinga. De acordo com Serafim e Bonetti (2017), devido à ausência de dados do horário da aquisição da imagem de satélite não foi possível estimar os erros induzidos a essas medições em função da posição da maré.

Figura 3 - Medição da largura da praia seca na ilha do Atalaia (Datum: Sirgas 2000. Projeção: geográfica. Dados: IBGE e ANA. Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018).



Fonte: Autora.

4.2.3 Análise dos dados

Foi aplicada uma metodologia adaptada da proposta por Rudorff e Bonetti (2010), onde foram utilizadas informações ocupação da terra na orla marítima, topografia da área e geoindicadores obtidos em campo, analisados, posteriormente, com base em Avaliação Multicritério.

4.2.3.1 Análise Espacial – Ocupação da terra na orla marítima

A análise espacial da ocupação da terra concentrou-se nas classes possíveis de serem identificadas na zona terrestre da orla marítima a partir da linha de costa da área de estudo, que são: Dunas, Faixa de Praia, Manguezal (Vegetação Densa), Restinga (Vegetação Não-Densa) e Área Urbanizada.

Cada classe foi representada por uma pontuação, de 1 a 3, que a caracteriza como de alto, médio ou baixo potencial de suscetibilidade erosiva costeira (3, 2 ou 1, respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 2 - Pontuação do potencial de suscetibilidade erosiva costeira das classes de ocupação da terra.

Classe de Ocupação	Pontuação
Manguezal	1
Restinga	1
Faixa de Praia	2
Dunas	2
Área Urbanizada	3

As classes de Manguezal e Restinga foram definidas como de pontuação 1 – baixo potencial de suscetibilidade erosiva. A Vegetação Densa, na área de estudo, é representada por manguezais, ecossistemas florestais típicos de espaços litorâneos e que auxiliam na mitigação de processos erosivos costeiros, conferindo estabilidade à região (NASCIMENTO JR. *et al.*, 2012). As áreas de Vegetação Não densa, representadas aqui por áreas de vegetação de restinga predominantemente, também são ambientes naturais característicos de zonas costeiras, com vegetação herbácea, arbustiva e também arbórea, que conferem estabilidade para cordões arenosos, dunas e campo entre dunas (AMARAL *et al.*, 2008). Ambas são consideradas Áreas de Preservação Permanente, essenciais aos ambientes costeiros, e a presença destas evidenciam conservação ou preservação desses locais e um menor potencial de efeitos negativos associados aos processos erosivos.

O peso médio para potencial de suscetibilidade erosiva, pontuação 2, foi definido para as áreas de Dunas e Faixa de Praia. As dunas são consideradas como áreas protegidas, especialmente as que estão inseridas na Unidade de Conservação Monumento Natural Atalaia, e também são evidências de equilíbrio no ecossistema e de ambientes que podem representar baixo potencial de suscetibilidade. No entanto, quando não apresentam vegetação fixadora, caracterizadas pelas restingas, estas se mostram mais expostas aos fatores que influenciam os processos erosivos costeiros. Já a área de Faixa de Praia também pode ser considerada como de parcial estabilidade frente à erosão severa, visto que as estruturas urbanas e ocupações, quando

anteriormente presentes, já foram recuadas, e a superfície já apresenta características de espraiamento⁷.

A Área Urbanizada, por sua vez, foi definida como de alto potencial de suscetibilidade erosiva (pontuação 3). Estas áreas representam os ambientes modificados, onde a urbanização desordenada atua como fator intensificador dos processos erosivos. Além disso, essas são as áreas também mais afetadas pela erosão costeira, devido à presença humana (RANIERI, EL-ROBRINI, 2015).

Por fim, as classes de ocupação foram reclassificadas (ferramenta *reclassify* do ArcGis 10.6) de acordo com a pontuação definida, em ambiente SIG, e o resultado, arquivo *raster*, foi avaliado, posteriormente, junto com os outros indicadores na Avaliação Multicritério para a obtenção da suscetibilidade final (EASTMAN *et al.*, 1995; SILVA; MACHADO, 2014).

4.2.3.2 Análise Topográfica - Modelo Digital de Elevação (MDE)

Para a avaliação da topografia do terreno, foi gerado um Modelo Digital de Elevação – MDE a partir de imagem ALOS, com resolução espacial de 12,5 metros, adequada à escala de 1:62.500, se mostrando compatível com a escala de trabalho (ANDRADE, 2017).

De posse do MDE, foram obtidas as informações de declividade, geradas a partir da aplicação da ferramenta *slope* do software ArcGis 10.6, classificadas de acordo com Lepsch (1983). Cada classe representa uma pontuação do potencial de desenvolver processos erosivos (1 – baixa suscetibilidade; 2 – média suscetibilidade; e 3 – alta suscetibilidade), sendo as menores declividades associadas a ambientes com menor potencial de erosão e as maiores associadas a ambientes de maior risco de erosão (RUDORFF; BONETTI, 2010; SILVA; MACHADO, 2014; SERAFIM; BONETTI, 2017) (Tabela 3).

Tabela 3 - Pontuação do potencial de suscetibilidade erosiva costeira das classes de declividade.

Classes de Declividade (%)	Pontuação
0 - 2	1
2 - 5	1
5 - 10	2
10 - 15	2
15 - 45	3
45 - 70	3
>70	3

⁷ A zona de espraiamento ocorre na face praial no limite entre a zona emersa e o oceano, podendo ser limitada pelo alcance máximo e mínimo da onda, onde ocorre transporte de sedimentos de forma intensa (KOMAR, 1998)

O resultado final das escalas de suscetibilidade foram convertidas em raster e unidas à Avaliação Multicritério.

4.2.3.3 Análise dos geoindicadores

Os dados dos geoindicadores obtidos em campo foram tabelados e os pontos enquadrados em classes de suscetibilidade à erosão. Cada ponto teve no mínimo a pontuação 1 e no máximo a pontuação 3. As faixas de suscetibilidade à erosão costeira quanto à análise dos geoindicadores foram divididas em intervalos iguais com variação de 0,6 pontos. Então, os pontos que estiverem na faixa 1 à 1,6 foram classificados como de baixa suscetibilidade à erosão costeira, os da faixa 1,7 à 2,3 de média suscetibilidade e os da faixa 2,4 à 3 de alta suscetibilidade. O valor dos intervalos de 0,6 foram definidos para a divisão de três categorias possíveis entre o valor mínimo, de 1, e o valor máximo, 3.

Em seguida os dados pontuais foram transformados em dados de linha, por meio de interpolação, utilizando o método Inverso do Quadrado da Distância - IQD (*Inverse Distance Weighting - IDW*), no qual pressupõe que objetos que estão mais próximos uns dos outros tendem a serem mais parecidos dos que estão mais distantes (BURROUGH; MCDONNELL, 1998; RUDORFF; BONETTI, 2010). Essa transformação é útil para analisar espacialmente os resultados de forma suavizada de modo a preencher toda a área de estudo. O IQD é obtido por meio da fórmula descrita por Melo *et al.* (2003):

$$Xp = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{di^2} * Xi \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{di^2} \right)}$$

Onde: Xp = variável interpolada; Xi = valor da variável da i-ésima localidade vizinha; di = distância euclidiana; entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado.

Para isso foi aplicada a ferramenta *IDW Interpolation* do *software* ArcGIS 10.6.1, limitando os resultados à área de estudo.

4.2.3.4 Avaliação Multicritério - Álgebra de mapas

Dentre os procedimentos metodológicos desenvolvidos, foi usada a análise de multicritério, a qual permite uma avaliação combinada de diferentes variáveis para a elaboração de um mapa síntese (SILVA; MACHADO, 2014). De acordo com Moura (2007), este método é realizado a partir, inicialmente, do mapeamento de variáveis ou indicadores que explicam determinado fenômeno, por plano de informação, e pela definição do grau de pertinência (peso)

de cada plano de informação para a construção do resultado final, podendo ser utilizado uma média ponderada.

Esse procedimento, em ambiente SIG, se dá pela aplicação da álgebra de mapas, que consiste na aplicação de operações aritméticas para associar distintos mapas com a finalidade obter um mapa final com informações integradas (SILVA; MACHADO, 2014). Neste estudo, essa operação levou em consideração os três planos de informação *raster* obtidos: os geoindicadores interpolados, o declividade e o de ocupação da terra (Tabela 4).

Tabela 4 -. Matriz para a determinação da Suscetibilidade à Erosão Costeira.

Indicador de Suscetibilidade	1 (Baixa)	2 (Média)	3 (Alta)
Ocupação da Terra	Vegetação Densa (Manguezal) Vegetação Não Densa (Restinga)	Dunas	Área Urbanizada
Declividade	0 – 5 %	5 – 15 %	15 – 70 %
Pontuação dos Geoindicadores	0 – 1,6	1,7 – 2,3	2,4 - 3

Foram estipulados pesos (0-100%) para cada um desses planos (Tabela 5), a fim de diferenciar o grau de importância e a relação com o evento de erosão.

Tabela 5 - Pesos estipulados para os indicadores.

Indicador	Peso (%)
Ocupação da terra	40
Declividade	20
Pontuação dos geoindicadores	40
Total	100

Os pesos foram definidos a partir do levantamento de outros estudos que analisaram indicadores semelhantes para a análise da erosão costeira. O peso atribuído aos indicador declividade, de 20%, também foi utilizado nos trabalhos de Robin (2002), Rudorff e Bonetti (2010) e Saraiva *et al.* (2019), após esses autores concluírem, através de consultas a especialistas, que a topografia contribui com cerca de 20 por cento na suscetibilidade à erosão costeira. O indicador de ocupação da terra teve seu peso baseado na significância que foi dada a esse elemento em outros trabalhos, como os de Valladares *et al.* (2012), Cunha *et al.* (2018)

e Saraiva *et al.* (2019), enquanto que o peso definido para o plano de informação de geoindicadores foi o mesmo adotado por Ruddorf e Bonetti (2010).

Foram gerados mapas temáticos para cada indicador de modo a analisá-los individualmente e para, posteriormente, serem calculados, por álgebra de mapas na avaliação multicritério, a fim de gerar o mapa final de suscetibilidade.

Considerando que os plano de informação dos indicadores resultaram em arquivos *raster*, a aplicação da metodologia se deu pelo cálculo da seguinte relação funcional na ferramenta *Raster Calculator* no software ArcGis 10.6:

$$\text{Mapa de Suscetibilidade Erosiva} = (\text{geoindicadores} \times 40) + (\text{ocupação} \times 40) + (\text{declividade} \times 20)$$

Os resultados da suscetibilidade à erosão foram classificados em três classes: Suscetibilidade Baixa (1-1,6); Suscetibilidade Média (1,6-2,2); e Suscetibilidade Alta (2,2-3).

4.2.3.5 Análise espaço-temporal da suscetibilidade à erosão

Como forma de visualizar espacialmente o comportamento das classes de suscetibilidade de 2010 a 2018, foi realizada uma análise da distribuição dessas classes em função da variação da ocupação da terra. Para isso, foi realizada a álgebra de mapas com os três planos de informação descritos anteriormente, variando somente os dados de ocupação da terra dos anos de 2010, 2014 e 2018. Os dados de declividade e de geoindicadores se mantiveram os mesmos, visto que os dados de declividade podem ser considerados constantes ao longo do período de análise e a impossibilidade de obter dados pretéritos de geoindicadores obtidos em campo.

Essa na análise é útil, pois nos permite observar o como a suscetibilidade pode avançar sobre a área de estudo com influência da expansão urbana, a qual é um fator preponderante no desencadeamento de processos erosivos costeiros e foco de observação nesse estudo. A influência da expansão urbana foi compreendida como base no estudo dos fatores que influenciam a dinâmica de ocupação do município de Salinópolis, os quais são proximidade ao mar, distância às rodovias PA-444 e PA-124, densidade de malha viária, distância às áreas de maior e menor especulação imobiliária, grau de implantação de empreendimentos, distância às manchas urbanas consolidadas e distância ao centro comercial (ROSA *et al.*, 2021).

A compreensão das rotas de ocupação preferenciais pela população local e flutuante do município nos possibilita projetar possíveis locais de ocupação futura e, ao se ter esse entendimento, pode-se traçar uma estratégia e evitar a ocupação de áreas que foram previamente

identificadas como de média ou alta suscetibilidade à erosão, ou seja, evitar ou minimizar a sobreposição de futuras áreas de ocupação com áreas com risco significativo de ocorrência de processos erosivos.

4.3 Resultados

4.3.1 Geoindicadores

A avaliação de geoindicadores em campo, realizada nas praias do Farol Velho e Atalaia no ano de 2019, apresentou pontos críticos com altos valores de suscetibilidade à erosão costeira, conforme pode ser observado no Apêndice E. Esses pontos críticos foram verificados especialmente na região central da área de estudo (Figura 4), região onde identificou-se em campo a remoção das dunas frontais, ocupação sobre a linha de costa, escarpas e evidências de estruturas urbanas anteriores, de edificações que precisaram ser recuadas ou abandonadas por conta da erosão costeira. Esse setor da área de estudo é o que apresenta maior quantidade de estruturas de contenção de processos erosivos a frente de residências, restaurantes e pousadas, como muros de contenção e enrocamentos, resultado também da redução da faixa de praia, o que tem modificado profundamente a paisagem local (Figura 5).

Figura 4 - Suscetibilidade à erosão pela análise de geoindicadores em campo. (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018).

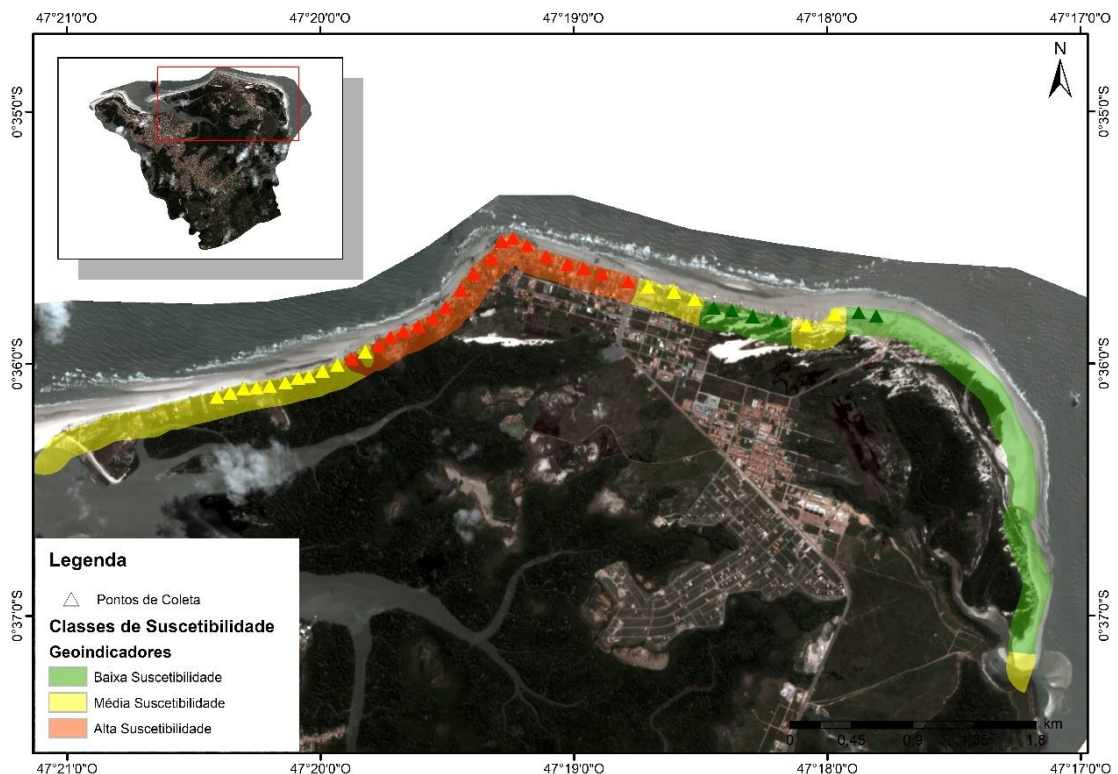


Figura 5 - Área localizada na Praia do Farol Velho com características de erosão severa. A) Presença de estruturas de contenção; e B) Escarpamento da praia evidente e evidências de ocupações anteriores. Ano de 2019.



Fonte: Autora.

A classe de média suscetibilidade foi identificada a oeste da praia do Farol Velho, em regiões parcialmente urbanizadas, e em alguns pontos na praia do Atalaia, onde a ocupação ainda não foi consolidada, com áreas de dunas com cobertura vegetal parcial ou ausente, as deixando expostas aos processos que desencadeiam a erosão costeira, com presença de escarpas (Figura 6). Uma estreita faixa de média suscetibilidade à erosão foi observada no leste da área de estudo dentre áreas de baixa suscetibilidade, a qual refere-se a uma das opções de acesso à praia do Atalaia, com ambiente parcialmente modificado e ocupado por estruturas urbanas.

Figura 6 - Área de dunas com presença de escarpas, localizada na Praia do Atalaia. Ano de 2019



. Fonte: Autora.

Áreas de baixa suscetibilidade, por sua vez, foram verificadas, exclusivamente, ao leste da ilha do Atalaia, setor onde foi observado uma maior conservação do ambiente, com a presença de campos de dunas, com vegetação de restinga bem desenvolvida, vegetação de mangue interior preservada e ausência de estruturas urbanas (Figura 7).

Figura 7 - Área de dunas localizada na Praia do Atalaia. A) Área com presença de dunas altas e contínuas; e B) Duna pouco alterada, com presença de pequenas interrupções de vias de acesso e instalação de estruturas para distribuição de energia elétrica. Ano de 2019.



Fonte: Autora.

4.3.2 Declividade

Na área de estudo foram identificadas diversas classes de declividade, variando de 0% a 45%, conforme é observado na figura 8. Na região leste da orla marítima, na praia do Atalaia, foram observadas as regiões com menores declividades, abaixo de 5%. No entanto, em variados pontos, com destaque para a área de campos de dunas na ilha do Atalaia e para a região central da área de estudo, envolvendo parte da praia do Farol Velho e parte da praia do Atalaia, foram identificadas declividades mais acentuadas, chegando a, aproximadamente, 45%.

Essas características topográficas refletiram na verificação de regiões de alta suscetibilidade a processos erosivos principalmente da região central, e com alguns pontos dispersos no extremo leste e no oeste da área de estudo (Figura 9). As áreas de média suscetibilidade se localizam, geralmente, no entorno das áreas de alta suscetibilidade, visto estas serem áreas de transição entre altas e baixas declividades. Enquanto que as áreas de baixa suscetibilidade à erosão se concentraram na região leste e também se mostraram distribuídas em algumas regiões ao longo da orla marítima.

Figura 8 - Declividade da orla marítima da Ilha do Atalaia. (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018)

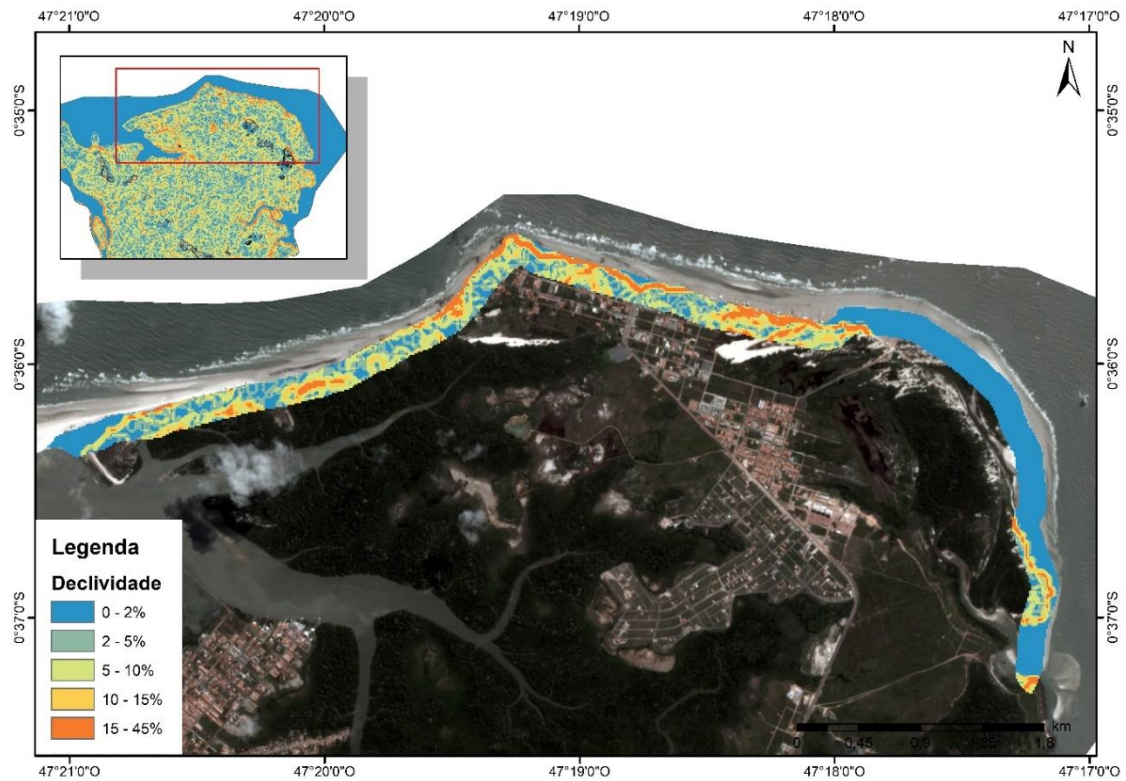
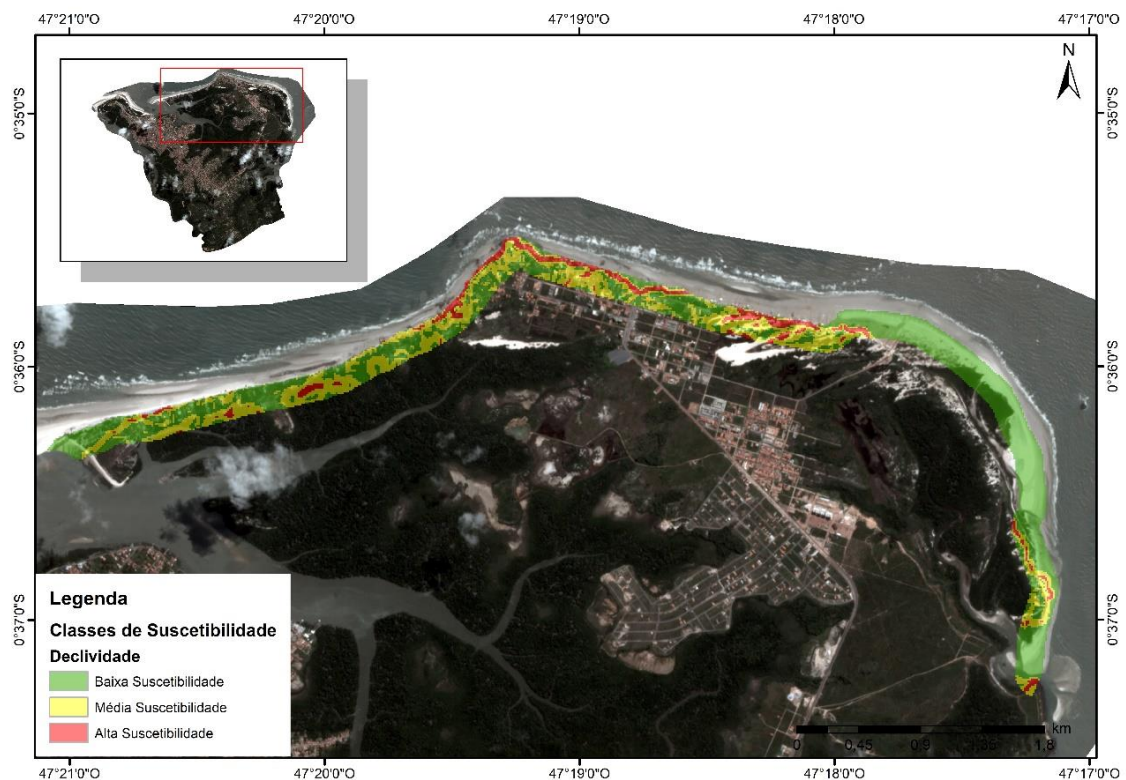


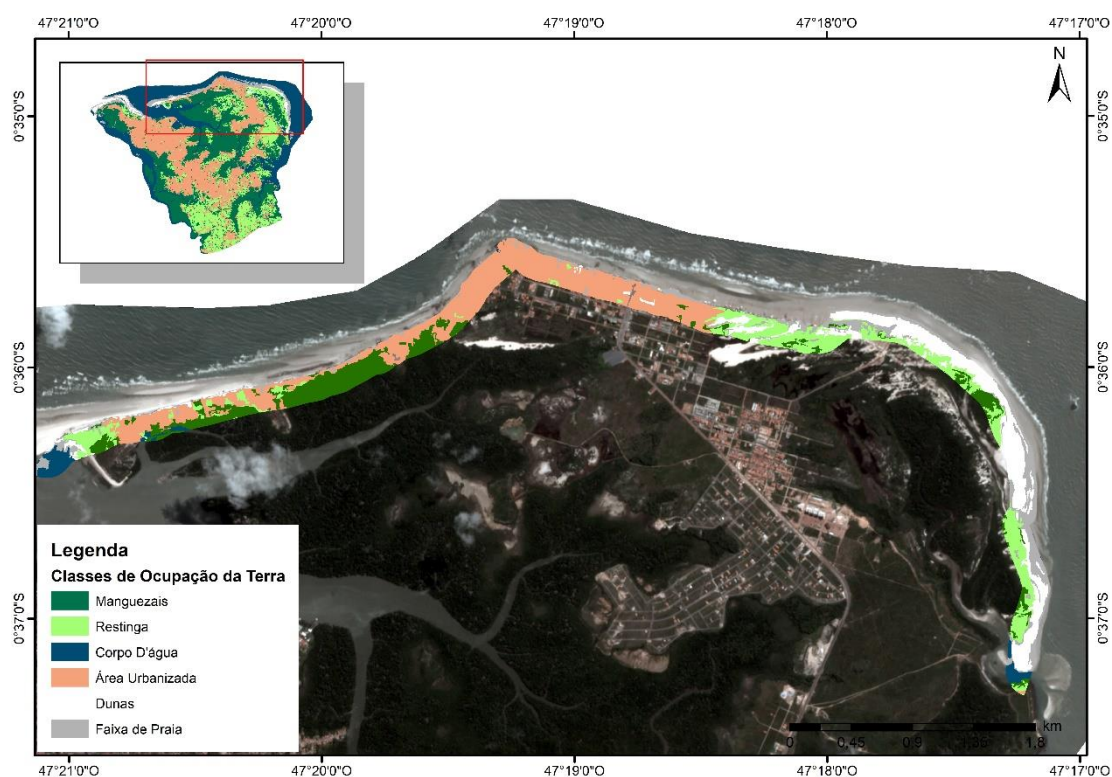
Figura 9 - Suscetibilidade à erosão pela análise da declividade. (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018)



4.3.3 Ocupação da Terra

Os dados de ocupação da terra da orla marítima da ilha do Atalaia (Figura 10), se apresentaram de acordo com a realidade local e com o levantado na bibliografia, onde é identificada uma intensa urbanização na sua região central, em grandes extensões das praias do Atalaia e Farol Velho, caracterizada principalmente por residências de veraneio de alto padrão localizadas sobre a linha de costa (Figura 11).

Figura 10 - Classificação da ocupação da terra na orla marítima da Ilha do Atalaia. (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018)



Fonte: Autora.

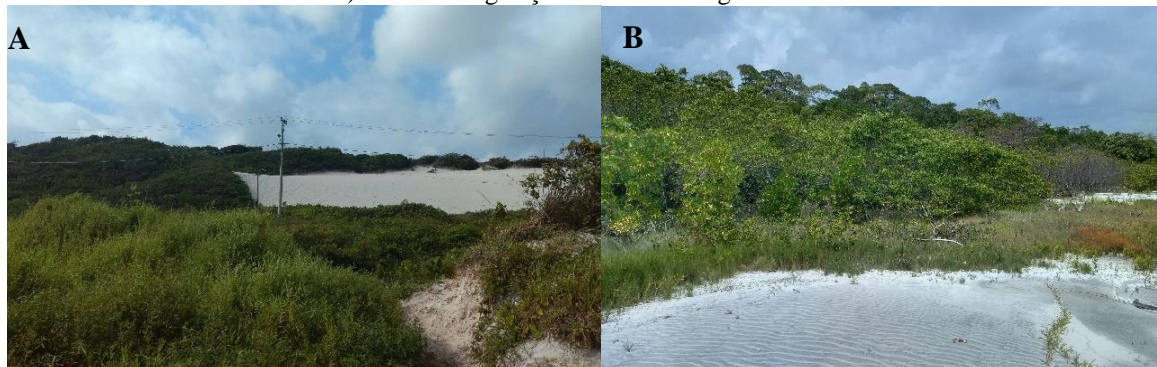
Figura 11 - Ocupação urbana localizada sobre a linha de costa da Ilha do Atalaia – Ano 2019.



Fonte: Autora.

Áreas de reduzida ocupação urbana, com presença de campos de dunas e vegetação de fixação bem estabelecida, são encontradas ao leste da área de estudo, no entorno da UC Monumento Natural do Atalaia, apresentando, muitas vezes, bom estado de preservação (Figura 12-A). No oeste também são encontradas áreas com vegetação densa desenvolvida, característica de mangue, com ocupação urbana mais esparsa (Figura 12-B).

Figura 12 - Áreas de reduzida ocupação urbana na Ilha do Atalaia. A) Campos de dunas e vegetação nativa estabelecida localizada ao leste. B) Área de vegetação densa de mangue localizada ao oeste.

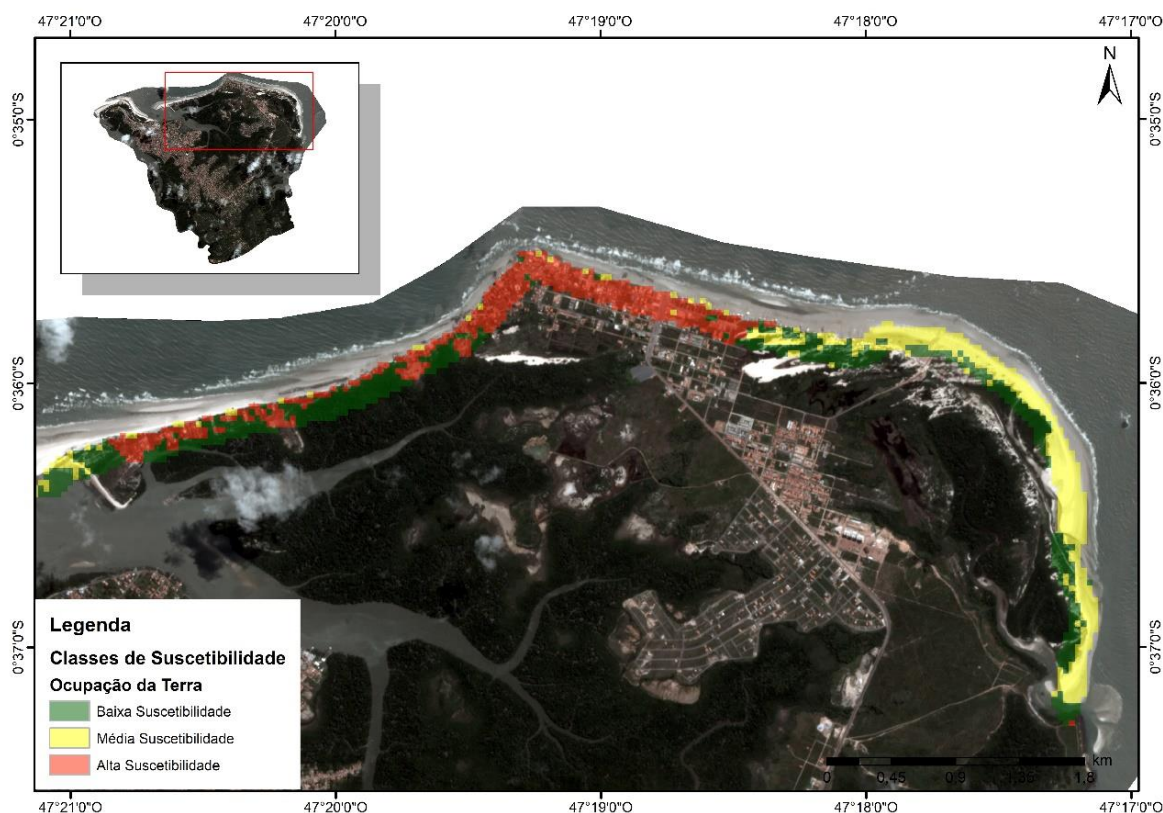


Fonte: Autora.

Esse padrão de ocupação encontrado é refletido na distribuição das áreas mais ou menos suscetíveis à processos erosivos, visto que a ocupação urbana das zonas costeiras são um dos principais fatores intensificadores de processos erosivos (CALDAS; SILVA; SANTOS, 2019). Assim, como resultado da espacialização das classes de suscetibilidade, observa-se uma alta suscetibilidade à erosão na região central da área de estudo, especialmente nas áreas mais urbanizadas nas praias do Atalaia e Farol Velho (Figura 13). Além disso, verificou-se uma área expressiva de média suscetibilidade na região leste, referente às regiões de dunas que estão sem a cobertura vegetal de fixação, que, quando presentes, lhes conferem maior estabilidade.

Regiões ocupadas por dunas com vegetação fixadora e restingas, a leste, e ocupadas por vegetação de mangue, a oeste, são as que possuem menores riscos de desencadeamento de processos erosivos, sendo classificadas nos resultados como áreas de baixa suscetibilidade à erosão.

Figura 13 - Suscetibilidade à erosão pela análise da ocupação da terra. (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018)



4.3.4 Suscetibilidade à Erosão Final

A avaliação da possibilidade de ocorrência dos processos erosivos, a partir da análise de multicritério com aplicação de álgebra de mapas, resultou no mapa de suscetibilidade à erosão, apresentado na figura 14. A classe de Baixa Suscetibilidade representou 40,31% da área de estudo, enquanto que a classe de Média Suscetibilidade correspondeu a 33,16% e a de Alta Suscetibilidade a 26,53% da orla marítima da Ilha do Atalaia.

As áreas classificadas como de Baixa Suscetibilidade estão associadas com áreas de menores declividades, geralmente próximas à 5%, com ocupação urbana reduzida, predominando áreas naturais, como vegetações de mangue, restingas e campos de dunas, principalmente as cobertas por vegetação nativa. Além disso, refletem características de regiões em condição de estabilização ou erosão leve, com dunas altas e contínuas, sem escarpas, com vegetação estabelecida, e com largura de praia mais extensa, superior a 18 metros. Essas condições foram encontradas com maior expressividade no extremo leste da ilha do Atalaia, na faixa de orla marítima parcialmente incluída e no entorno a UC Monumento Natural do Atalaia (Figura 15).

Figura 14 - Suscetibilidade à erosão final para a orla marítima da Ilha do Atalaia. (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018)

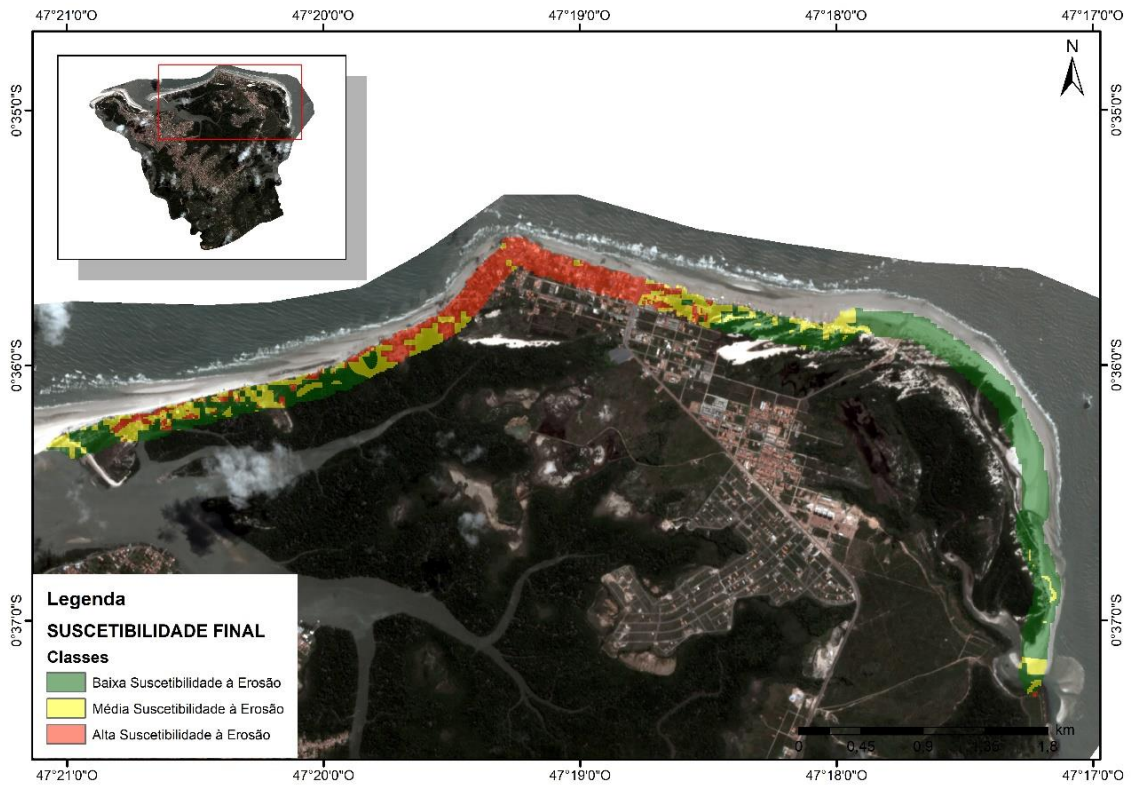
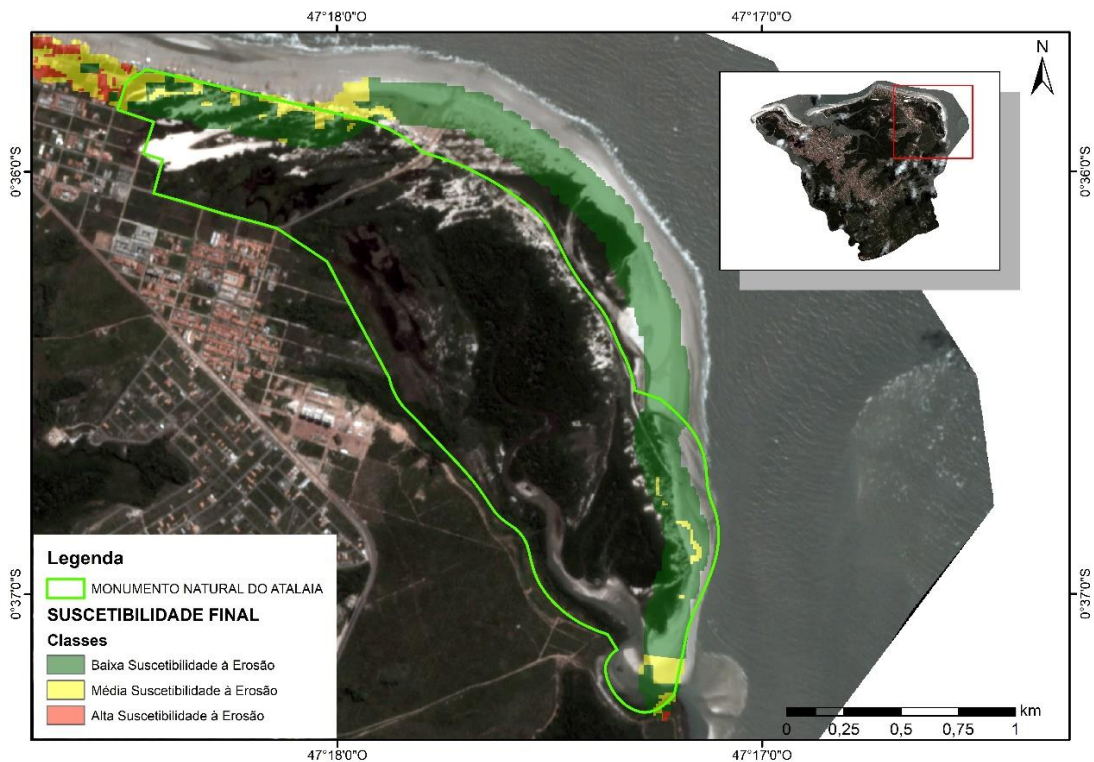


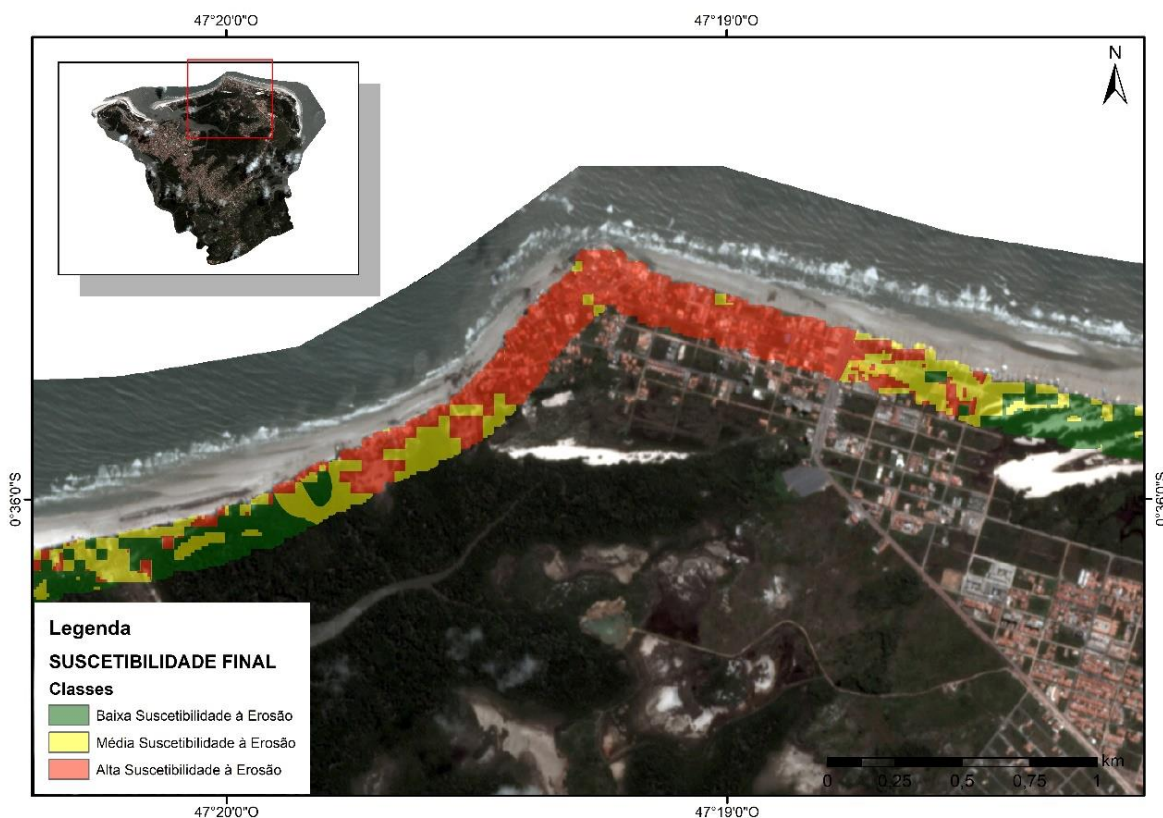
Figura 15 - Suscetibilidade à erosão final na Unidade de Conservação Monumento Natural do Atalaia. (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018)



A classe de média suscetibilidade à erosão envolve áreas de declividades intermediárias, de 5% a 15%, parcialmente expostas, ocupadas por dunas sem vegetação estabelecida, se mostrando mais vulnerável aos processos erosivos, e faixa de praia. Está associada à regiões com presença de erosão, com dunas presentes, no entanto poucas ou descontínuas, nesse caso já alteradas, com escarpas e com vegetação esparsa, e com faixa de praia que pode variar entre 11 e 18 metros.

As áreas de alta suscetibilidade à erosão representam pontos críticos da área de estudo, principalmente nas áreas urbanizadas das praias do Atalaia e Farol Velho (Figura 16), geralmente sem cobertura vegetal, com setores de alta declividade, de 15% a 45%, com evidências de erosão severa, ausência de dunas, faixa de praia estreita, menor de 11 metros e sem duna interior. São áreas realmente modificadas e expostas aos processos erosivos costeiros, indicando pressão do crescimento urbano, caracterizando condições consideradas desfavoráveis, que apresentam alto risco de desencadeamento desses eventos, podendo afetar a população residente ou visitante.

Figura 16 - Setor crítico de alta suscetibilidade à erosão na Ilha do Atalaia. (Imagem de alta resolução do sistema sensor multiespectral do Satélite PlanetScope, na composição colorida 3R2G1B e resolução espacial de 3 metros – Ano 2018)



4.3.5 Análise Espaço-temporal da Suscetibilidade à Erosão

As áreas correspondentes às diferentes classes de suscetibilidade à erosão também foram analisadas ao longo do tempo na área de estudo, tendo como principal fator deflagrador a ocupação da terra, e geraram os resultados apresentados na tabela 6 e figura 17.

Tabela 6 - Variação da área das classes de suscetibilidade à erosão entre os anos de 2010, 2014 e 2018.

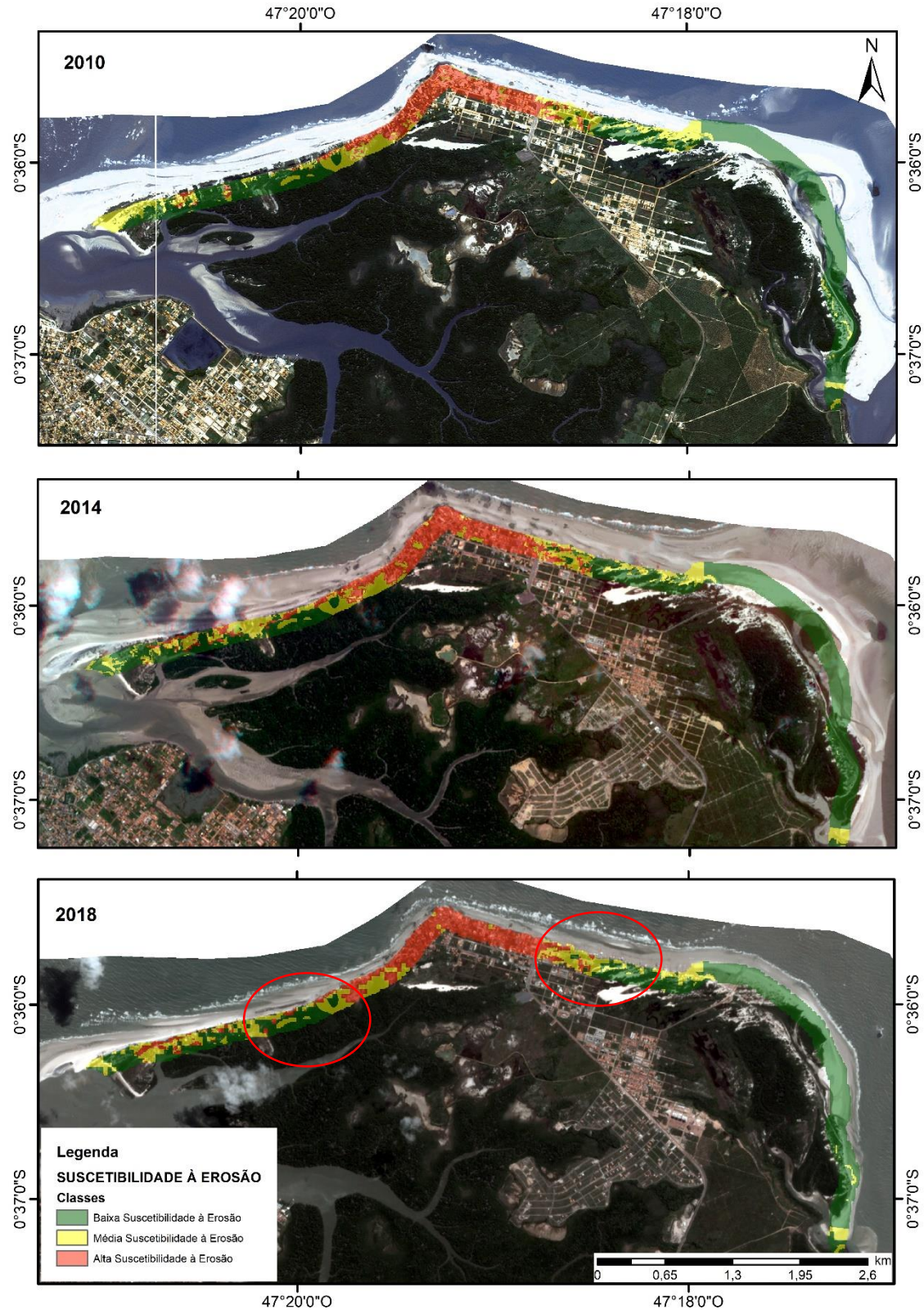
Classe	Área					
	2010		2014		2018	
	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)
Baixa Suscetibilidade	0,83	42,35	0,85	43,37	0,79	40,31
Média Suscetibilidade	0,72	36,73	0,66	33,67	0,65	33,16
Alta Suscetibilidade	0,41	20,92	0,45	22,96	0,52	26,53

Com base nas análises, verificou-se que a área de baixa suscetibilidade apresentou um leve declínio entre os anos de 2010 e 2018, reduzindo de 41,33% do total da área de orla marítima da ilha do Atalaia para 40,31%. Comportamento semelhante foi observado sobre a proporção de área de média suscetibilidade à erosão, que reduziu de 35,71% da área para 33,16% entre 2010 e 2018. Em contrapartida, as áreas de alta suscetibilidade sofreram um aumento ao longo dos anos, crescendo de 20,92% da área de estudo em 2010, para 22,96% em 2014 e 26,53% em 2018.

Espacialmente, as áreas de alta suscetibilidade foram avançando ao longo dos anos juntamente com a urbanização, ocupando cada vez mais as áreas à oeste da área de estudo, na praia do Farol Velho. Na praia do Atalaia, embora tenhamos observado em campo uma maior intensificação da urbanização com a implementação de empreendimentos, esta tem se dado em uma área mais limitada, não avançando sobre o leste da área de estudo, por conta da criação da unidade de conservação nessa região.

Além disso, o mapeamento dessas áreas juntamente com a compreensão do efeito dos fatores que influenciam na dinâmica de ocupação do território de Salinópolis (ROSA et al., 2021), indicaram regiões potenciais para a ocorrência desses eventos futuramente. Esse caso pode ser observado nas áreas destacadas na figura 17, no ano de 2018, que atualmente possuem média e baixa suscetibilidade à erosão, caracterizada por reduzida ocupação urbana. No entanto, são áreas de alta declividade, as quais, caso sejam ocupadas por estruturas urbanas futuramente podem conferir grandes riscos de desencadeamento de processos erosivos, conforme é esperado, visto o interesse de ocupação de áreas mais próximas ao mar e com maior especulação imobiliária.

Figura 17 - Análise espaço-temporal das áreas das classes de suscetibilidade à erosão na área de estudo (2010, 2014 e 2018). (Imagem de alta resolução dos sistemas sensores: HRG do Satélite SPOT, na composição colorida R2G1B3 – Ano 2010; REIS do Satélite RapidEye – Ano 2014 e; multiespectral do Satélite PlanetScope – Ano 2018, ambos na composição colorida 3R2G1B).



4.4 Discussão

Analisando os resultados obtidos com o plano de informação de geoindicadores obtidos em campo na Ilha do Atalaia, observou-se uma distribuição de suscetibilidade associada às evidências locais de presença/ausência de ocupação de muros, prédios e casas sobre a praia, presença/ausência de dunas frontais e interiores, bem como das condições destas quando presentes, e da largura de faixa de praia, onde quanto menor essa largura maior a propensão e exposição aos processos erosivos costeiros (RUDORFF; BONETTI, 2010)

Nessa análise, índices de baixa suscetibilidade foram verificados, exclusivamente, ao leste da ilha, como era esperado, visto ser a região próxima à Unidade de Conservação Monumento Natural do Atalaia, onde não há urbanização estabelecida e o ambiente natural se mantém mais preservado, com campos de dunas bem estabelecidos, maior largura de praia e áreas de restinga nos seus diversos tipos de formações vegetais e nos padrões de ocorrência de estabelecimento, de transição e de consolidação (AMARAL *et al.*, 2008).

As áreas de alta suscetibilidade, conforme também observado por Rudorff e Bonetti (2010) em seu estudo na costa de praias da Ilha de Santa Catarina, foram classificadas em setores de praia seca bastante estreita, onde o mar atinge a estrutura urbana estabelecida à beira mar, a qual se apresenta de forma contínua, e com presença de escarpas e ausência de dunas.

Setores de média suscetibilidade foram encontrados em condições intermediárias em relação aos extremos apresentados acima, caracterizados pela presença de dunas frontais e interiores, porém parcialmente vegetadas e descontínuas, com poucas edificações sobre a linha de costa, assim como encontrado em Rudorff (2005), corroborando o comportamento de variação da suscetibilidade dependente do grau de preservação das dunas e presença antrópica.

Quanto à declividade, observou-se que este aspecto tem grande importância na quantificação do processo erosivo, tendo em vista que a declividade influencia a energia de escoamento, onde em maiores declividades menor será o volume de água infiltrada no solo e maior será o escoamento e transporte de sedimentos (VALLADARES *et al.*, 2012).

Quando unido a outros fatores, como a ocupação da terra, no caso de remoção da cobertura vegetal, por exemplo, a suscetibilidade de ocorrência de processos erosivos é maximizada.

A ocupação da terra, por sua vez, apresentou grande influência sobre esses processos, tanto pelo tipo de cobertura como pelo manejo ao qual o solo é submetido, conforme foi evidenciado em campo e em diversos estudos como o de Cunha *et al.* (2018), que avaliou a

suscetibilidade à erosão da bacia hidrográfica do Alto Camaquã (RS), de Serafim e Bonetti (2017), quando avaliaram eventos de erosão e inundação costeira em praias do Estado de Santa Catarina, dentre outros.

O modelo final de suscetibilidade à erosão costeira resultante deste trabalho conseguiu representar de forma satisfatória os gradientes de suscetibilidade ao longo da orla marítima da Ilha do Atalaia, com os valores aumentando progressivamente das extremidades da área de estudo para a região central, o que era esperado, visto que esta é a mais exposta da área de estudo, estando sujeita às marés, com largura de praia reduzida ou inexistente, apresentando declividades superiores a 15% e intensa urbanização sobre a linha de costa.

A combinação de ocupação da terra, declividade acentuada e evidências de processos erosivos atuantes, torna estes ambientes mais propensos a deflagração de processos erosivos.

Para Webster (2005), em declividades superiores a 3% já podem ser observados sinais de erosão dos solos, pois já existe inclinação suficiente para o início do escoamento, e quando chegam a 15-20% podem contribuir para o desenvolvimentos de feições erosivas severas e muito severas. Resultados semelhantes de resposta à declividade foram encontrados nos estudos de Diniz, Moreira e Corradini (2008), Bertoni e Lombardi Neto (2012) e Cunha *et al.*, (2018).

Com base no que foi observado nos resultados, a relação entre a ocupação da terra na orla marítima mostrou que áreas com alta suscetibilidade a processos erosivos possuem como principal cobertura a área urbana, pois ocorreu a remoção das estruturas naturais que conferem estabilidade às regiões costeiras, como áreas de manguezais, restingas e campos de dunas (SERAFIM; BONETTI, 2017).

A análise espaço-temporal das classes de suscetibilidade à erosão vem corroborar esse entendimento e mostrar espacialmente como isso tem ocorrido na orla marítima da ilha do Atalaia nos últimos 10 anos. Esse comportamento de suscetibilidade, influenciado principalmente pela cobertura da terra, é resultado do histórico de ocupação da região, trazendo reflexos desde a década de 1930, e que mostra hoje uma preferência de migração e permanência em áreas de maior atratividade, tanto pela beleza natural das praias quanto pela proximidade aos maiores centros comerciais e grandes empreendimentos voltados ao turismo.

Para Lima, Oliveira e Moura-Fé (2021) a relação entre ocupação urbana e risco de processos erosivos costeiros é clara, ao passo que entendemos que quando a erosão ocorre de forma natural, de forma equilibrada, contribuindo para a conformação da paisagem, isso se dá de forma dinâmica, sendo facilmente recuperada pelos próprios mecanismos ambientais. Já a

erosão influenciada pela ação humana pode ter consequências de difícil recuperação ou até mesmo irreversíveis.

Assim, as áreas de Alta Suscetibilidade na área de estudo foram encontradas em locais onde a combinação entre médias e altas declividades, evidências de erosões ativas e ocupação urbana estão presentes. Esse resultado sugere maior atenção na gestão dessas áreas, visto que estas sobrepõe ocupações urbanas, principalmente residências, que traz risco a essa população.

Nessas áreas as dunas frontais foram removidas e quando existem, em alguns pontos, estão mal preservadas, enquanto que as dunas interiores não existem mais. As escarpas identificadas em campo e as diversas estruturas de contenção implantadas para impedir o avanço do mar, como muros e enrocamentos, indicam que a orla vinha sofrendo eventos recentes de erosão.

As regiões de suscetibilidade média apresentam, comumente, dunas frontais parcialmente vegetadas ou não vegetadas, descontínuas e dunas interiores vegetadas, quando existentes, conforme foi observado também em Rudorff e Bonetti (2010). Conforme a ocupação urbana vai avançando sobre essas áreas, estimulada pelo desenvolvimento de atividades como o turismo, muito presente em Salinópolis, processos erosivos ao longo da costa vem sendo desencadeados e/ou acelerados.

A baixa suscetibilidade em direção ao leste da área de estudo se deve aos efeitos da redução da ocupação urbana, bem como da declividade. As coberturas florestais e de restinga com a função de fixação de dunas conferem estabilidade frente aos processos físicos, o que foi identificado de forma semelhante em Cunha *et al.* (2018) e Lima, Oliveira e Moura-Fé (2021), uma vez que a presença de vegetação na superfície do solo pode atenuar o processo de erosão, visto que protege o solo dos impactos das gotas de chuva e aumenta a rugosidade hidráulica do terreno, reduzindo a velocidade de escoamento superficial e aumentando a profundidade do fluxo superficial (VALE JÚNIOR *et al.*, 2009). Quanto à declividade, relevos mais planos, como os desse setor da área de estudo, favorecem a infiltração, reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, os processos erosivos (VALLADARES *et al.*, 2012)

4.5 Conclusão

A análise de multicritério tem sido bastante utilizada no estudo de sistemas ambientais ao permitir uma visualização de fenômenos a partir da compreensão e espacialização, em ambiente SIG, de diversos planos de informação que podem ser combinados com a finalidade de explicar eventos, como os de erosão costeira.

Os planos de informação utilizados nesse trabalho, que envolveram as análises de geoindicadores obtidos em campo, de ocupação da terra e de declividades, se mostraram satisfatórios para o estudo da suscetibilidade à erosão costeira na Ilha do Atalaia, tendo em vista, muitas vezes, a indisponibilidade de bases de dados compatíveis com as escalas deste tipo de trabalho.

As áreas que apresentaram maior suscetibilidade à erosão costeira se concentraram no setor central das áreas de estudo, caracterizadas por maior interferência antrópica, declividade acentuada e evidências de erosões recentes, como resquícios de antigas construções sobre a faixa de praia, recuo de restaurantes, pousadas e residências, implantação de estruturas de contenção, ausência ou pouca presença de dunas.

Áreas que oferecem menores riscos de desencadeamento de processos erosivos costeiros foram identificadas no setor leste da ilha do Atalaia, abrangendo parte e entorno da Unidade de Conservação Monumento Natural do Atalaia, onde a cobertura vegetal nativa encontra-se em bom estado de preservação e a declividade é, predominantemente, abaixo de 5%. Já as de suscetibilidade média, presentes principalmente nas áreas de transição entre alta e baixa, apresentam características de ocupação urbana intermediária associada a declividades variando de 5% a 15%, onde foram verificadas, em campo, dunas presentes, no entanto descontínuas, desprotegidas por vegetação e parcialmente alteradas.

Além disso, esse estudo permitiu identificar possíveis áreas que podem se transformar, posteriormente, em de alta suscetibilidade, como em setores onde são encontradas declividades acentuadas, superiores a 15%, com baixa ou parcial ocupação urbana. Nessas áreas, caso a urbanização se intensifique, os processos erosivos podem ser desencadeados com gravidade em um futuro próximo e, por isso, se enfatiza a importância do ordenamento urbano nas zonas costeiras.

Diante da avaliação realizada neste capítulo, constatou-se que a ocupação da terra é um fator que influencia e intensifica o risco de erosão, tornando o ambiente desequilibrado. Portanto, o reconhecimento e monitoramento dessas áreas são fundamentais para o estabelecimento de qualquer uso do solo, sendo o levantamento da ocupação da terra e o mapeamento de áreas suscetíveis a processos erosivos atividades primordiais para qualquer ação de planejamento do território.

Esses estudos podem, futuramente, dar suporte a estudos em maior escala de detalhe e em variados setores da zona costeira paraense, essenciais quando se pretende implementar medidas concretas de proteção à costa.

Agradecimentos

Agradecimento ao colega Paulo Henrique Nascimento de Souza, Eng. Ambiental e Mestrando em Gestão de Riscos de Desastres Naturais na Amazônia, pela parceria em campo para a coleta de informações de geoindicadores na Ilha do Atalaia.

Referências

AMARAL, D. D.; PROST, M. T.; BASTOS, M. N. C.; COSTA NETO, S. V.; SANTOS, J. U. M. Restingas do litoral amazônico, estados do Pará e Amapá, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 3, n. 1, p. 35-67, 2008.

ANDRADE, E. L. **Download do MDE ALOS com resolução 12,5 metros**. 2017. Disponível em: <https://gismobrasil.com/2017/07/23/download-mde-alos-com-resolucao-125-m/>. Acesso em: 11 mai. 2020.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems**. New York: Oxford University Press, 1998. 346p.

BUSH, D. M.; NEAL, W. J.; YOUNG, R. S.; PILKEY, O. H. Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. **Ocean and Coastal Management**, Augustinusga, v. 42, p. 647-670, 1999. DOI: 10.1016/S0964-5691(99)00027-7.

COBURN, A. S. **Reducing Vulnerability in Five North Carolina Coastal Communities: A Model Approach for Identifying, Mapping and Mitigating Coastal Hazards**. 2001. <http://www.env.duke.edu/psds/>.

DRAGICEVIC, S.; MARCEAU, D.J. A fuzzy set approach for modeling time in GIS. **Int. J. Geogr. Inf. Sci**, Didcot, v. 14, n. 3, p. 225-245, 2000.

EASTMAN, J. R.; JIN, W.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Maryland, v. 61, n. 5, p. 539-547, 1995.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Itajaí: Ed. da UNIVALI, 1998. 92p.

JAXA – Japan Aerospace Exploration Agency. **ALOS Data Users Handbook: Revision C**. Earth Observation Research and Application Center. Japan Aerospace Exploration Agency. 2008. 158p. Disponível em: https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/doc/fdata/ALOS_HB_RevC_EN.pdf. Acesso em: 11 mai. 2020.

LEPSCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**, 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.

MARINHO, R. S. **Faces da expansão urbana em Salinópolis, zona costeira do Estado do Pará**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

MARTINI, L. C. P.; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; OLIVEIRA, M. A. T. Avaliação da Suscetibilidade a Processos Erosivos e Movimentos de Massa: Decisão Multicriterial Suportada em Sistemas de Informações Geográficas. **Geol. USP Sér. Cient.**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 41-52, julho 2006.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000500017>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada**. Brasília: MMA/SQA, Brasília: MP/SPU, 2002.

MULER, M. BONETTI J. An integrated approach to assess wave exposure in coastal areas for vulnerability analysis. **Marine Geodesy**, London, v. 37, n. 2, p. 220-237, 2014.

NASCIMENTO JR., W. R.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; PROISY, C.; LUCAS, R. M.; ROSENQVIST, A. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p.1-11, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2012.10.005>

RANIERI, L. A. **Morfodinâmica Costeira e o Uso da Orla Oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará, Brasil)**. 2014. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará, 2014.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Costa de Salinópolis (Setor Corvina - Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Porto, v. 16, n. 2, p. 133-146, 2016.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 42, n. 3, p. 207-226, 2015.

ROBIN, M. Étude des risques côtiers sous l'angle de la géomatique. **Annales de Géographie**, Paris, n.627-628, p. 471-502, 2002.

ROSA, A. G.; ANDRADE, M. M. N.; PINHEIRO, C. D. P. S.; SOUSA, A. M. L. Avaliação da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis/PA com base no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.7, p.414-432, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0037>

RUDORFF, F. M. **Geoindicadores e Análise Espacial na Avaliação de Suscetibilidade Costeira a Perigos Associados a Eventos Oceanográficos e Meteorológicos Extremos**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

RUDORFF, F. M.; BONETTI, J. Avaliação da Suscetibilidade à Erosão Costeira de Praias da Ilha de Santa Catarina. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, Itajaí, v. 14, n. 1, p. 9-20, 2010.

SERAFIM, M. B.; BONETTI, J. Vulnerabilidade das praias do Estado de Santa Catarina a eventos de erosão e inundação costeira: proposta metodológica baseada em um índice multicritério. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 08, n. 02, p. 36-54, 2017.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. S. SIG na Análise Ambiental: Suscetibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima–MG. **R. de Geograf.**, Recife, v. 31, n.2, p. 66-87, 2014.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO GERAL

5.1 Resultados Chaves: Impactos e Implicações

A análise espaço-temporal realizada para as áreas urbana e orla marítima de Salinópolis, por meio da classificação da ocupação da terra pelo método GEOBIA, apresentou resultados satisfatórios, comprovando a eficiência do método de análise. Essa eficiência refletiu nos índices Kappa de 0,83 e de Exatidão Global de 0,86. Após análise foi identificada, durante os anos de 2010, 2014 e 2018, uma discreta variação das áreas de vegetação densa, representadas, por florestas e manguezais. Houve uma redução entre os anos de 2010 e 2014, e um ligeiro aumento no ano de 2018, como consequência, no primeiro caso, de processos antrópicos relacionados à expansão urbana e, no segundo caso, de processos naturais associados à progradação da linha de costa. Nas áreas de vegetação não densa, representadas por restingas e antigas áreas agrícolas, foi observada uma redução constante durante o período de análise, associada à expressiva conversão dessas áreas para a implantação de estruturas urbanas e à remoção de vegetação de restinga do litoral, tanto por ação antrópica como natural. Reduções também foram observadas na classe de duna, resultantes dos mesmos fatores, ocupação humana e da dinâmica costeira. A área urbanizada, como esperado, apresentou um crescimento em função do processo de expansão urbana tanto em direção ao continente quando em direção à costa. Variações nas classes de corpo d'água e faixa de praia foram justificadas pelo comportamento de preamar e baixa mar e pela variação de linha de costa ao longo dos anos. O aumento da área da classe de Corpo D'água no ano de 2018, foi ainda explicado pelo aumento da precipitação anual acumulada, o que aumentou áreas de lagos.

Essa análise da ocupação da área de estudo, unida à análise da percepção da população local quanto às áreas preferenciais do município e as suas principais motivações de ocupação, e ao estudo bibliográfico, pela aplicação do modelo PEIR (Pressão, Estado, Impacto, Resposta), auxiliou na identificação das principais variáveis explicativas da dinâmica de ocupação. Essas variáveis são: distância ao mar; distância às rodovias PA-444 e PA-124; densidade de malha viária; distância às áreas de maior especulação imobiliária (Ilha do Atalaia, Orla do Maçarico e bairro Destacado); grau de implantação de empreendimentos; distância às manchas urbanas consolidadas; distância às áreas de menor especulação imobiliária (bairros Atlântico I e II, Bom Jesus, I e II, Guarani, São Tomé e São José) e; distância ao centro comercial.

Os resultados obtidos nos capítulos 2 e 3 auxiliaram na análise espaço-temporal da suscetibilidade erosiva da orla marítima da ilha do Atalaia, apresentada no capítulo 4, a qual indicou uma alta suscetibilidade na região central da ilha, envolvendo parte das praias do

Atalaia e Farol Velho, onde a urbanização se mostra sólida sobre a linha de costa, condição que unida às características de declividades superiores a 15% e evidências de erosões ativas conferem esse grau de risco. A classe de baixa suscetibilidade foi mais presente no leste da ilha, inclusas e no entorno das área da unidade de conservação do Monumento Natural do Atalaia, em áreas de baixa declividade, principalmente, e com campos de dunas desenvolvidos e estáveis. As áreas de média suscetibilidade se mostraram predominantes na região de transição entre as classes baixa e alta, apresentando declividades entre 5% e 15% com ocupação urbana parcial, caracterizada pela presença de dunas levemente alteradas e descontínuas. Além disso, a análise permitiu indicar áreas com potencial risco de aumento de suscetibilidade à erosão, em setores de alta declividade onde a urbanização está próxima localizados tanto na praia do Atalaia como do Farol Velho. Esse risco potencial se dá principalmente pela tendência de ocupação urbana da orla marítima do município, influenciada pelo interesse da população e de empresas privadas por áreas mais próximas ao mar, de maior especulação imobiliária, mais próxima aos centros comerciais e com maior grau de implantação de empreendimentos.

Por fim, os resultados encontrados nesse trabalho refletem em uma representação da realidade compatível com a área de estudo, onde problemas relacionados a desastres naturais, como a erosão costeira, estão associados à ocupação urbana sobre e próxima à linha de costa, o que possibilita avaliar e indicar condições locais que podem levar a processos erosivos.

5.2 Conclusões de forma integrada

Atualmente, o município de Salinópolis é considerado como um dos de maior atratividade turística do nordeste paraense e com melhor infraestrutura para atender a população visitante, principalmente em períodos de veraneio da região. Essa atratividade impulsionou a concentração de segundas residências, a especulação imobiliária, implantação de grandes empreendimentos, especialmente próximo e sobre a linha de costa.

O Estado foi muito presente no processo de ocupação da região, estimulando e facilitando a implantação de empreendimentos e de infraestrutura urbana. No entanto, este tem se mostrado ausente quando se tratam das necessidades da população residente, deixando a desejar no apoio com saneamento básico e ordenamento territorial, o que tem levado à grande migração deste segmento para áreas periféricas, muitas vezes de risco, de menor especulação imobiliária. Mesmo no atendimento aos interesses da população visitante e do turismo, a forma como a ocupação da terra tem se dado, muitas vezes, impropriamente, acompanhada de impactos ao meio ambiente e à sociedade. Dentre os principais impactos associados a essas

condições, tem-se a ocupação de áreas de preservação permanente e de risco, danos aos ecossistemas locais, processos severos de erosão costeira, poluição por resíduos sólidos e efluentes, dentre outros.

No que tange à erosão costeira, há a constante necessidade de monitoramento, visto que esses eventos são muito dinâmicos e intensificados pela ação humana, a qual vem desencadeando processos de degradação ambiental, tornando o ambiente costeiro mais suscetível às ações de desastres naturais. Portanto, o reconhecimento dessas áreas pelo poder público são fundamentais para o estabelecimento de qualquer uso do solo. Isso mostra a importância dos produtos apresentados por este trabalho, fornecendo conhecimento para qualquer ação de planejamento do território.

5.3 Prioridade para Pesquisas Futuras

Uma das prioridades para pesquisas futuras está na aplicabilidade dos resultados obtidos na classificação da ocupação da terra e na identificação dos fatores que influenciam na dinâmica de ocupação do município, na execução de processos de modelagem espacial de ocupação da terra e na construção de cenários futuros, em condições pessimistas e otimistas. Esses resultados podem ser utilizados como a principal base de entrada de dados do modelo, uma vez que avaliar as causas e consequências das mudanças de uso da terra é fundamental para a compreensão da trajetória atual de ocupação e para projetar esses cenários.

Essa proposta irá permitir simular cenários consistentes para a ocupação futura, onde podem ser inseridas, inclusive, forças determinantes de mudanças, as variáveis dinâmicas, que influenciem do padrão de tendência baseada não somente em dados pretéritos. Assim, as mudanças projetadas não se tornam apenas um reflexo do comportamento histórico de ocupação da terra, mas ainda permitem que esses padrões sejam alterados por vetores inseridos no futuro.

A avaliação da ocupação futura será útil tanto na elaboração e adaptação de métodos de análise para a área de estudo, quanto na geração de dados e discussões necessários para a melhora da aplicação científica da modelagem e para o ordenamento territorial de Salinópolis, podendo ser aplicado a outros municípios costeiros.

Recomenda-se também para pesquisas futuras a coleta de geoindicadores para o restante da orla marítima do município de Salinópolis, nas praias do Maçarico e Corvina, a fim de avaliar a suscetibilidade à erosão costeira tanto atual como futura, fazendo uso dos resultados obtidos na modelagem de ocupação da terra, para toda a costa do município, gerando base de

dados e discussões pertinentes e necessárias para o planejamento de ocupação desta região do estado do Pará, que tem grande tendência de valorização em função da atratividade turística.

5.4 Considerações Finais

Os resultados desta tese permitirão que o poder público, o setor privado e a população em geral, tenham mais um ponto de referência para a gestão territorial e ambiental, o que permitirá a tomada de decisões, podendo atenuar ou evitar os impactos sofridos hoje pela sociedade local. O ponto focal é a aplicabilidade junto ao Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro do Pará, que prevê o uso de metodologias de monitoramento das regiões costeiras e parcerias com instituições técnico-científicas. Serão úteis inclusive na elaboração de projetos urbanos e empresariais e de políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento local e turístico.

Recomenda-se que projetos futuros relacionados à obras urbanas de infraestrutura, direcionadas tanto para a população residente quanto para os turistas, e à grandes empreendimentos voltados para o lazer levem em consideração a fragilidade do ambiente local e a dinamicidade da ocupação da terra, especialmente próximo ao litoral, devido à erosão costeira.

As contribuições ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA/UFPA) se darão pelo conhecimento construído sobre o município paraense de Salinópolis e sobre medidas de avaliação e estudo do território quanto à ocupação da terra e suscetibilidade à erosão costeira, sendo possível de aplicar para outros municípios costeiros do estado e do país, a fim de minimizar os danos ao ambiente e à população.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. L.; VASCONCELOS, F. P.; ALBUQUERQUE, M. F. C. A Diversidade no Uso e Ocupação da Zona Costeira do Brasil: A Sustentabilidade como Necessidade. **Revista Conexões -Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 11, n. 5, p. 8-16, 2017.
- AGUIAR, A. P. D.; VIEIRA, I. C. G.; ASSIS, T. O.; DALA-NORA, E.; TOLEDO, P. M.; SANTOS-JÚNIOR, R. A. O.; BATISTELLA, M.; COELHO, A. S.; SAVAGET, E. K.; ARAGÃO, L. E. O. C.; NOBRE, C. A.; OMETTO, J. P. H. Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 22, p 1821-1840, 2016. DOI: 10.1111/gcb.13134
- ALMEIDA, A. F. **Os efeitos das políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico na zona costeira do nordeste paraense: expansão rodoviária, urbanização e atividade turística**. 2017. 115f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, 2017.
- ALMEIDA J. S.; MELO, W. F.; ANDRADE, A. B. A.; SALDANHA, H. G. A. C.; RODRIGUES, L. M. S. Modelagem da dinâmica de uso e ocupação da terra no município de Pombal – PB. **Revista Verde**, Pombal. v. 10, n.1, p. 276 - 282, 2015a. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i1.3923>
- ALMEIDA, L. R.; AMARO, V. E; MARCELINO, A. M. T; SCUDELARI, A. D. Avaliação do clima de ondas da praia de Ponta Negra (RN, Brasil) através do uso do SMC-Brasil e sua contribuição à gestão costeira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Porto, v. 15, n. 2 p. 135-151, 2015b.
- ALMEIDA, P.; DURIAVICH, M.; NAPOLITANO, R.; FEOLI, E. Aplicación de técnicas SIG, Sensoramiento Remoto y Análisis Multicriterio para la Detección de Impactos Antropogénicos en la Cobertura de Suelos y su Proyección para el 2010. Caso de estudio: Estuario de Santos (Brasil). **Revista Tecnológica ESPOL – RTE**, Guayaquil (Ecuador), v. 22, n.1, p. 73-79, 2009.
- ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G.; SOUZA, I. M. Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens Landsat. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba v. 15, n. 1, p. 120-141, 2009.
- AMARAL, D. D.; PROST, M. T.; BASTOS, M. N. C.; COSTA NETO, S. V.; SANTOS, J. U. M. Restingas do litoral amazônico, estados do Pará e Amapá, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 3, n. 1, p. 35-67, 2008.
- ANDRADE, E. L. **Download do MDE ALOS com resolução 12,5 metros**. 2017. Disponível em: [<https://gismobrasil.com/2017/07/23/download-mde-alos-com-resolucao-125-m/>](https://gismobrasil.com/2017/07/23/download-mde-alos-com-resolucao-125-m/). Acesso em: 11 maio 2020.
- ANTOCHEVIZ, F. B. Análise multiescalar da expansão urbana de cidades litorâneas. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E

PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 17., 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANPUR, 2017. p. 1-20, ref. 8.1-02.

ARAÚJO FILHO, M.C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da Terra na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 59/02, 2007.

AREND, M.; FONSECA, P.C.D. Brasil (1955-2005): 25 anos de catching up, 25 anos de falling behind. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 33-54, 2012.

B. SOBRINHO, G.H. Decreto presidencial regulamenta o uso e a ocupação da zona costeira e estabelece os critérios para a gestão da orla marítima. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 5, n.5, p. 259-275, 2006.

BAATZ, M.; BENZ, U.; DEHGHANI, S.; HEYNEN, M.; HÖLTJE, A.; HOFMANN, P.; LINGENFELDER, I.; MIMLER, M.; SOHLBACH, M.; WEBER, M.; WILLHAUCK, G. **e-Cognition Professional User Guide 4**. München, Germany: Definiens Imaging GmbH, 2004. 486 p.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. (eds.). **Angewandte Geographische Informationsverarbeitung**. XII Beiträge zum AGIT Symposium Salzburg. Karlsruhe: Herbert Wichmann Verlag, 2000. p. 12–23.

BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S. **Projeto de pesquisa: propostas metodológicas**. 5.ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

BECKER, B. Redefinindo a Amazônia: o vetor tecno-ecológico. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (Org.). **Brasil: questões atuais da reorganização do território**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008, p. 223-244.

BENZ, U. C.; HOFMANN, P.; WIKKHAUCK, G.; LINGENFELDER, I.; HEYNEN, M. multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GISready information. **Photogrammetry & Remote Sensing**, Alberta, v. 58, p. 239- 258, 2004.

BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica**. 2006.Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**, 6ª ed. São Paulo: Ícone, 2008, 355p.

BILAR, A. B. C.; PIMENTEL, R. M. M.; CERQUEIRA, M. A. Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 68, p.236-259, set./dez, 2018.

BINDA, A. L. Geomorfologia Urbano-Ambiental. **Rev. Geografia e Pesquisa**, Ourinhos, v.2, n.1, p. 57-67, 2008.

BIRD, E.C.F. Coastal Geomorphology: An introduction. 2nd ed. Chichester: Wiley and Sons. 2008. 436 p.

BOGGIONE, G. A. **Restauração de imagens do satélite LANDSAT-7**. 2003. (INPE10462-TDI/929). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, São Paulo, 2003.

BONNA, J. L. **Mapeamento Pedológico e de Suscetibilidade Erosiva no Alto Córrego Prata (Ouro Preto-MG)**. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: INPE, p. 7345 – 7352.

BRAGA, F. P. S. **Morfologia e Sedimentologia da Praia de Macromaré de Ajuruteua, Pará**: Um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

BRAGA, R. C.; PIMENTEL, M. A. S. Índice de vulnerabilidade diante da variação do nível do mar na Amazônia: estudo de caso no município de Salinópolis-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.12, n.02, p. 534-561, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Orla**: Fundamentos para Gestão Integrada. Brasília, DF: MP/SPU, 2002.

BRITO, F. M. O. **Salinópolis-PA**: (Re) Organização Sócio-Espacial de um Lugar Atlântico-Amazônico. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems**. New York: Oxford University Press, 1998. 346p.

BUSH, D. M.; NEAL, W. J.; YOUNG, R. S.; PILKEY, O. H. Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. **Ocean and Coastal Management**, Augustinusga, v. 42, p. 647-670, 1999. DOI: 10.1016/S0964-5691(99)00027-7.

CALDAS, V. I. S. P.; SILVA, A. S.; SANTOS, J. P. C. Suscetibilidade a Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica Lagos – São João, no Estado do Rio de Janeiro – Brasil, a partir do Método AHP e Análise Multicritério. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.12, n.04, p. 1415-1430, 2019.

CARNEIRO, M. C. S. M.; COUTINHO, N. P. **Tecnologias da geoinformação no monitoramento da erosão costeira - estudo a partir de Olinda**. 2003. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

CARVALHO, J. C. (Org). **Processos Erosivos no Centro Oeste Brasileiro**. Brasília, DF: UNB, FINATEC, 2006. 464p.

CARVALHO, P. G. M. de.; BARCELLOS, F. C. Mensurando a Sustentabilidade. In. MAY, P. **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2010, p. 99-132.

CASEMIRO, M. B.; BARRA, O. A. O. L.; VASCONCELOS, F. P.; OLIVEIRA, F. M. Planejamento ambiental costeiro no Brasil: um olhar crítico sobre o Projeto Orla. **InterEspaço**, Grajaú, v. 4, n. 14, p. 67-89, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.v4n14p67-89>

CAVALCANTE, F.C. Migração e ocupação nos espaços periféricos da zona costeira do Estado do Pará: o caso do município de Salinópolis. *In*: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 10., 2001, Guarapari. **Anais [...]** Guarapari: ABEQUA, 2001. p. 1-6.

CHUVIECCO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. 2 ed. Madri, España: Ediciones Rialp, 1995. 449p.

COBURN, A. S. **Reducing Vulnerability in Five North Carolina Coastal Communities: A Model Approach for Identifying, Mapping and Mitigating Coastal Hazards**. 2001. Disponível em: <http://www.env.duke.edu/psds/>>. Acesso em jan. 2021.

COHENCA, D. **Modelagem de Cenários de Ocupação no Litoral Sul de Santa Catarina utilizando técnicas de Análise Geoespacial**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 49 n. 12, p. 1671-1678, 1991.

CONGALTON, R.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data - Principles and Practices**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009. 183p.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. Boca Raton, United States: Lewis Publishers, 1999. 137p.

COSTA JÚNIOR, P. S.; COSTA, J. B.; BORGES, M.; BEMERGUY, R. L.; FERNANDES, J. M. Aspectos geológico-ambientais do litoral do Município de Salinópolis, NE do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. **Boletim de resumos expandidos**. São Paulo: SBG, 1992. v. 1, p. 46.

CRISTO, S. S. V.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Análise do Uso e Ocupação da Terra na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, estados do Tocantins e Bahia. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 20, n.3, p. 182-191, 2016. DOI: 10.5902/2236499422311

C. SEGUNDO, G. H. **Processos oceanográficos na região costeira e estuarina do rio Caeté, Pará, Brasil**. 2007. 139 f. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

CUNHA, H. N.; ALBA, J. M. F.; MIURA, A. K.; SALDANHA, D. L. Análise da suscetibilidade à erosão da Bacia Hidrográfica do Alto Camaquã (RS). **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia – MG. v. 19, n. 65. p. 16–28, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG196502>

DERMACHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens LANDSAT-5. **RAEGA**, Curitiba, v. 21, p. 234-271, 2011.

DINIZ, S.F.; MOREIRA, C.A.; CORRADINI, F.A. Susceptibilidade erosiva do baixo curso do Rio Acaraú CE. **Geociências**, v.27, p.355-367, 2008.

DRAGICEVIC, S.; MARCEAU, D.J. A fuzzy set approach for modeling time in GIS. **Int. J. Geogr. Inf. Sci**, Didcot, v. 14, n. 3, p. 225-245, 2000.

EASTMAN, J. R.; JIN, W.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Maryland, v. 61, n. 5, p. 539-547, 1995.

EL-ROBRINI, M.; SILVA, M. M. A.; SOUZA FILHO P. W. M.; EL-ROBRINI, M. H. S.; SILVA JÚNIOR O. G.; FRANÇA, C. F. Erosão e progradação no Pará. In: MUEHE, D. (Org). **Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. p. 40-86.

FERREIRA, L. S.; FRANÇA, R. S.; SILVA, A. V.; CLEMENTINO, M. L. M. O uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para subsidiar políticas públicas na Região Metropolitana de Natal. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, v. 1, n. 1, p. 15-20, 2011.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: INPE, 2007. p. 5755-5762.

FISCH, F.; BRANCO, J. O.; PORT, D.; MENEZES, J. T. Variação espaço-temporal (1938-2013) do uso e ocupação da terra na região do saco da fazenda, Itajaí-SC. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 430-445, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p430>

FRANCISCO, C. N., ALMEIDA, C. M. Data Mining Techniques and Geobia Applied to Land Cover Mapping. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON GEOGRAPHIC OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS, 4., 2012a, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. São José dos Campos: INPE, 2012. p. 89-94.

FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. Avaliação de desempenho de atributos estatísticos e texturais em uma classificação de cobertura da terra baseada em objeto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 302-326, 2012b.

FURTADO, L. F. A.; FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Análise de Imagem baseada em Objeto para Classificação das Fisionomias da Vegetação em Imagens de Alta Resolução Espacial. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n.3, p.441-451, 2013.

FURTADO, L. F. G. Ocupação humana do litoral amazônico. In: PROST, M.T.R.C.; MENDES, A. **Ecosistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. Belém: MPEG, 2011b. 220p.

FURTADO, L.F.G.; NASCIMENTO, I.H. Traços de uma comunidade pesqueira do litoral Amazônico: relato sobre organização em comunidade haliêutica. In: FURTADO, L.F.G.; QUARESMA, H.D.A.B. (Org.). **Gente e ambiente no mundo da pesca artesanal**. Belém: MPEG, 2002. 258p.

GARI, S. R.; NEWTON, A.; ICELY, J.D. A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. **Ocean Coast. Manag.** v. 103, p. 63-77, 2015

GEYER, W. R.; BEARDSLEY, R. C.; LENTZ, S. J.; CANDELA, J.; LIMEBURNER, R.; JOHNS, W. E.; CASTRO, B. M.; SOARES, I. D. Physical oceanography of the Amazon shelf. **Continental Shelf Research**, v. 16, p. 575-616, 1996.

GLEYZES, J.P; MEYGRET, A.; FRATTER, C.; PANEM, C.; BAILLARIN S.; VALORGE, C. SPOT5: system overview and image ground segment. In: GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 3., 2003, Toulouse. **Anais** [...]. Toulouse: IGARSS, 2003. p. 300-302.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital Image Processing. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001. 793 p.

GOODE, W. J.; HATT, P. K. **Métodos em pesquisa social**. 7.ed. São Paulo: Nacional, 1979.

GREGÓRIO, A. M. S; MENDES, A. C.; BUSMAN, D. V. Morfodinâmica da Praia do Atalaia Salinópolis/Pará. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., 2005, Guarapari. **Anais...** Guarapari: ABEQUA, 2005. p. 1-6.

GUERRA, A.J.T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed, Rio de Janeiro: Bertrand, 1995.

GUIMBERTEAU, M.; CIAIS, P.; DUCHAME, A.; BOISIER, J. P.; AGUIAR, A. P. D.; BIEMANS, H.; DE DEURWAERDER, H.; GALBRAITH, D.; KRUIJT, B.; LANGERWISCH, F.; POVEDA, G.; RAMMIG, A.; RODRIGUES, D. A.; TEJADA, G.; THONICKE, K.; RANDOW, C. V.; RANDOW, R. C. S. V.; ZHANG, K.; VERBEECK, H. Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon basin: a multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios. **Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.**, p. 1 - 34, 2016. DOI: doi:10.5194/hess-2016-430

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and Techniques**. San Francisco: Morgan Kaufman Publisher, 2006. 743p.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Itajaí: Ed. da UNIVALI, 1998. 92p.

HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 25, n. 3, p.205-309, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a. 176p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/salinopolis/panorama>. Acesso em: 02 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2011**. 2011b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2011/estimativa.sht>. Acesso em: 30 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2019**. Diretoria de Pesquisas,

Coordenação de População e Indicadores Sociais, IBGE, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/salinopolis/panorama>. Acesso em: 02 mai. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas municipais** – Download Geociências. 2018. Disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em: 24 de jul. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **El Niño e La Niña**: Monitoramento do El Niño durante o NDJ-2019/2020. 2020. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 04 abr. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de Processamento de Imagens (DPI). **GeoDMA features**. 2017. Disponível em: http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=geodma_2:features. Acesso em: 15 abr. 2020.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY (JAXA). **ALOS Data Users Handbook**: Revision C. Earth Observation Research and Application Center. Japan Aerospace Exploration Agency. 2008. 158p. Disponível em: https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/doc/fdata/ALOS_HB_RevC_EN.pdf. Acesso em: 11 maio 2020.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**: a remote sensing perspective. 3ª ed. EUA: Pearson Education, 2005. 603 p.

KAR, R.; OBI REDDY, G. P.; KUMAR, N; SINGH, S. K. Monitoring spatio-temporal dynamics of urban and peri-urban landscape using remote sensing and GIS—A case study from Central India. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 401-411, 2018.

KAWASHIMA, R. S.; GIANNOTTI, M. A.; ALMEIDA, C. M.; QUINTANILHA, J. A. Modelagem dinâmica espacial como ferramenta para simulação de cenários da paisagem na região portuária da Baixada Santista. **Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos**, Curitiba, v. 22, n. 4, p.703 – 718, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702016000400040>

KORTING, T. S. **Um paradigma para re-segmentação de imagens de alta resolução**. 2007. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2007.

KUX, H. J. H.; MENEGHETTI, G. T. Imagens de altíssima resolução espacial, GEOBIA e Mineração de Dados para o mapeamento detalhado de cobertura da terra em ambientes costeiros, área-teste: Raposa (MA). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, SBSR, 17., 2015, João Pessoa. **Anais[...]**. João Pessoa: INPE, 2015. p. 0247 – 0254.

LEITE, E. F.; ROSA, R.. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia, v.4, n.12, p. 90-106, 2012.

LEITE, W. S. **Estratigrafia de dunas costeiras de Salinópolis/Pa em associação com variações pluviométricas**. 2010. 66f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas Costeiros e Estuarinos) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

LEPSCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**, 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.

LIMA, M. T. V.; OLIVEIRA, C. W.; MOURA-FÉ, M. M. Análise multicritério em geoprocessamento como contribuição ao estudo da vulnerabilidade à erosão no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.14, n.05, p. 3156-3172, 2021.

LIU, Y.; LI, M.; MAO, L.; XU, F.; HUANG, S. Review of Remotely Sensed Imagery Classification Patterns Based on Object-oriented Image Analysis. **Chinese Geographical Science**, Changchun, v. 16, p. 282-288, 2006.

LOHMANN, G.; PANOSSO NETTO, A. **Teoria do turismo: conceitos, modelos e sistemas**. São Paulo: Aleph, 2008. 486p.

LUGÃO, P. H. G.; CHAPIRO, G. Modelagem e simulação da dinâmica populacional do *Aedes Aegypti* em cenário urbano. In: Encontro Nacional de Modelagem Computacional. 22., 2019, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: ENMC, 2019. p. 1703-1710.

MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R.; RUDORFF, B. F. T. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos**, Curitiba, v. 19, n. 2, p.313-337, 2013.

MACIEL-SILVA, J. F.; NUNES, C. S.; GIL, A. S. B. The genus *Eleocharis* (Cyperaceae) in the restinga of Pará state, Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 4, p. 1813-1824, 2018.

MÁCOLA, G.; EL-ROBRINI, M. 2004. **Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos Físicos, Meteorológicos e Oceanográficos**. Belém: DNPM/CPRM, 35p.

MALLMANN, D. L. B.; ARAÚJO, T. C. M. de. Vulnerabilidade física do litoral sul de Pernambuco à erosão. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 38, n. 2, p. 130-152, 2010.

MARINHO, R. S. **Faces da expansão urbana em Salinópolis, zona costeira do Estado do Pará**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

MARINO, M. T. R. D.; FERNANDES, D.; MORAES, S. G.; TAJRA, A. A. Vulnerabilidade física de parte do litoral leste do Ceará à erosão. **Desenvolv. Meio Ambiente**, Curitiba, v. 38, p. 253-281, 2016. DOI: 10.5380/dma.v38i0.47765.

MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S. Análise da evolução da linha de costa entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. **Revista Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 13, n.1, p. 113-129, 2013. doi: 10.5894/rgci373.

MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S.; HORN FILHO, N. O. Variações granulométricas ao longo da costa da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Revista Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 13, n. 3, p. 267-282, 2013. doi: 10.5894/rgci411

MARTINI, L. C. P.; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; OLIVEIRA, M. A. T. Avaliação da Suscetibilidade a Processos Erosivos e Movimentos de Massa: Decisão Multicriterial Suportada em Sistemas de Informações Geográficas. **Geol. USP Sér. Cient.**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 41-52, jul. 2006.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000500017>

MELLO, K.; TOPPA, R. H.; ABESSA, D. M. S.; CASTRO, M. Dinâmica da expansão urbana na zona costeira brasileira: o caso do município de São Vicente, São Paulo, Brasil. **Revista Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 13, n. 4, p. 539-551, 2013. DOI:10.5894/rgci432

MELLO, L. B. **Carta de aptidão à urbanização**: proposta de ordenamento territorial frente aos processos erosivos na orla marítima das praias do Crispim e de Marudá no município de Marapanim-PA. 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia) - Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia, Instituto de Geociências, Belém, 2018.

MENDES, J. N. V.; PINHO, J. L. S. Erosão Costeira – Metodologias para a sua Quantificação. **Revista de Engenharia Civil – UM**, n. 33, p. 139-150, 2008.

MORAES, A. C. R. **Os impactos da política urbana sobre a zona costeira**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente, MMA, 1995.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; HAYAKAWA, E. H.; MACHADO, R. P. P. Análise da expansão urbana por meio de composições coloridas multitemporais. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 221-231, 2011. DOI: 10.4215/RM2011.1022. 0014

MUEHE, D. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 04, n. 07, p. 97-110, 2005.

MULER, M. BONETTI J. An integrated approach to assess wave exposure in coastal areas for vulnerability analysis. **Marine Geodesy**, London, v. 37, n. 2, p. 220-237, 2014.

NASCIMENTO JR., W. R.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; PROISY, C.; LUCAS, R. M.; ROSENQVIST, A. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p.1-11, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2012.10.005>

OLIVEIRA, F. F.; SANTOS, R. E. S.; ARAÚJO, R. C. Processos erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. **Rev. Bras. de Iniciação Científica (RBIC)**, Itapetinga, v. 5, n.3, p. 60-83, 2018.

OLIVEIRA, L.M.T. **Estudo das Regiões Fitoecológicas brasileiras pela FAPAR/NDVI e relações com séries temporais de dados pluviométricos**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

PEREIRA, L. C. C.; DIAS, J. A.; CARMO, J. A.; POLLETE, M. A Zona Costeira Amazônica Brasileira. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Porto, v. 9, n. 2, p. 3-7, 2009.

PINHO, C. M. D.; KUX, H. H.; ALMEIDA, C. M. Elaboração de rede semântica para classificação de cobertura do solo de ambientes intra-urbanos: o Caso de São José dos Campos – SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 637-644.

PINTO, R.; DE JONGE, V. N.; NETO, J. M.; DOMINGOS, T.; MARQUES, J. C.; PATRÍCIO, J. Towards a DPSIR driven integration of ecological value, water uses and ecosystem services for estuarine systems. **Ocean Coast. Manag.** v. 72, p. 64-79, 2013.

PLANET. **Planet Imagery Product Specification**: Planetscope & Rapideye, 2017. Disponível em: <<https://www.planet.com>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

PORTZ, L. C.; MANZOLLI, R. P.; GRUBER, N. L. S.; CORREA, I. C. S. Turismo e degradação na orla do Rio Grande do Sul: conflitos e gerenciamento. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 22, p. 153-166, 2010.

QUEIROZ, T. B.; SOUSA, R. S.; BALDIN, T.; BATISTA, F. J.; MARCHESAN, J.; PEDRALI, L. D.; PEREIRA, R. S. Avaliação do desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. **Geociências**, Rio Claro, v. 36, n. 3, p. 569 - 578, 2017.

RANIERI, L. A. **Morfodinâmica Costeira e o Uso da Orla Oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará, Brasil)**. 2014. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Condição Oceanográfica, Uso e Ocupação da Costa de Salinópolis (Setor Corvina - Atalaia), Nordeste do Pará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Porto, v. 16, n. 2, p. 133-146, 2016.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 42, n. 3, p. 207-226, 2015.

RAPIDEYE. **Satellite imagery product specifications**. 2016. Disponível em: <https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/160625-RapidEye%20Image-Product-Specifications.pdf>. Acesso em: 25 de mar. 2020.

RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital images analysis: an introduction**. Berlin: Springer-Verlag, 1986. 281 p.

ROBIN, M. Étude des risques côtiers sous l'angle de la géomatique. **Annales de Géographie**, Paris, n.627-628, p. 471-502, 2002.

ROCHA, G. M.; SOARES, D. A. S.; MORAES, S. C. Dinâmicas Territoriais na Zona Costeira do Estado do Pará, Amazônia Brasileira. **Confins - Revue franco-brésilienne de géographie**, Paris, v. 42, p. 1-14, 2019. DOI : <https://doi.org/10.4000/confins.24132>

ROSA, A. G.; ANDRADE, M. M. N.; PINHEIRO, C. D. P. S; SOUSA, A. M. L. Avaliação da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis/PA com base no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.7, p.414-432, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0037>

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

RUDORFF, F. M. **Geoindicadores e Análise Espacial na Avaliação de Suscetibilidade Costeira a Perigos Associados a Eventos Oceanográficos e Meteorológicos Extremos**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

RUDORFF, F. M.; BONETTI, J. Avaliação da Suscetibilidade à Erosão Costeira de Praias da Ilha de Santa Catarina. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, Itajaí, v. 14, n. 1, p. 9-20, 2010.

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M.; SILVA, M. R. F. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN – Brasil. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 281-290, 2013.

SANTANA, G. Formas organizativas e estratégias de vida no litoral paraense. In: PROST, M.T.R.C.; MENDES, A. (Org.). **Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. Belém: MPEG, 2011. 220p.

SCHULTZ, B.; FORMAGGIO, A. R.; EBERHARDT, I. D. R.; SANCHES, I. D.; OLIVEIRA, J. C.; LUIZ, A. J. B. Classificação orientada a objetos em imagens multitemporais Landsat aplicada na identificação de cana-de-açúcar e soja. **Revista Brasileira de Cartografia**, Monte Carmelo, v. 68, n. 1, p. 131-143, 2016.

SEABRA, V. S.; CRUZ, C. M. Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São João, RJ. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 411-426, 2013.

SECRETARIA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO (SPU). **Manual de Fiscalização do Patrimônio da União – 2018**. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2018. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/patrimonio-da-uniao/fiscalizacao-1/180517_manual-de-fiscalizacao-2018.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

SERAFIM, M. B.; BONETTI, J. Vulnerabilidade das praias do Estado de Santa Catarina a eventos de erosão e inundação costeira: proposta metodológica baseada em um índice multicritério. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 08, n. 02, p. 36-54, 2017.

SILVA, A. N. B. **Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental**. 2010. 134f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. S. SIG na Análise Ambiental: Suscetibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima–MG. **R. de Geograf.**, Recife, v. 31, n.2, p. 66-87, 2014.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, S. P.; GUIMARÃES, C. L. Estudo da degradação das terras do município de são domingos do cariri - estado da Paraíba. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 8, n. 22,p. 130–136, 2007.

SOUSA, T.A.F. **Política ambiental costeira: uma análise do seu impacto em Bragança-Pa**. 2011. 149f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

SOUSA-FELIX, R. C. S.; PEREIRA, L. C. C.; TRINDADE, W. N.; SOUZA, I. P.; COSTA, R.M.; JIMENEZ, J. A. Application of the DPSIR framework to the evaluation of the

recreational and environmental conditions on estuarine beaches of the Amazon coast. **Ocean & Coastal Management**, v. 149, p. 96-106, 2017.

SOUZA, C. R. G. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 9, n. 1, p. 17-37, 2009.

SOUZA, C. R. G.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ESTEVES, S. L.; VITAL, H. DILLENBURG, S. R.; PATCHINEELAM, S. M.; ADDAD, J. E. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: SOUZA, C.R. de G. *et al.* (eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p. 130-152.

SOUZA, D. L. Urbanização turística, políticas públicas e desenvolvimento: O caso de Salinópolis/Pa. **Gestão em Geografia**, Cascavel, v. 07, n. 01, p.65-86, 2014.

SOUZA, G. B. N.; ROCHA, G. M. Ordenamento territorial na ilha do Atalaia, Salinópolis (PA): uma análise a partir dos diferentes trechos de ocupação. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará (IHGP)**, Belém, v. 05, n. 01, p. 137 - 151, 2018.

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 427-435, 2005.

TEIXEIRA, S. G.; SOUZA FILHO, P. W. M. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 69-82, 2009.

TEIXEIRA, S. G.; BANDEIRA, I. C. N. Padrões diferenciados de recuo da linha de costa e sua correlação com processos erosivos e as áreas de risco à erosão costeira no estado do Pará. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. v. 11, n. 2, p. 50-63, 2020

TEJADA, G.; DALLA-NORA, E.; CORDOBA, D.; LAFORTEZZA, R.; OVANDO, A.; ASSIS, T.; AGUIAR, A. P. Deforestation scenarios for the Bolivian lowlands. **Environmental Research**. v. 144, p. 49-63, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.10.010>

UTSUMI, A. G.; PISSARRA, T. C. T.; ROSALEN, D. L.; MIRANDA, L. P. Classificação Orientada a Objetos para Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo utilizando Imagem RAPIDEYE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, 4., 2017, Presidente Prudente. **Anais [...]** Presidente Prudente: UNESP, 2017. p. 239-243.

VALE JÚNIOR, J.F. do; BARROS, L. da S.; SOUZA, M.I.L. de; UCHOA, S.C.P. Erodibilidade e suscetibilidade à erosão dos solos de cerrado com plantio de *Acacia mangium* em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.3, p.1-8, 2009. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v3i1.253.

VALLADARES, G. S.; GOMES, A. S.; TORRESAN, F. E. RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.9, p.1376-1383, set. 2012.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (ed.) **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, p. 373-404, 1998.

VERBURG, P. H. The representation of human-environment interactions in land change research and modelling. In: MANFREDO, M.J.et al. (eds). **Understanding Society and Natural Resources: Forging new strands of integration across the social sciences**. New York: Springer Open, 2014. p. 61-77.

VIEIRA, E. C.; RODRIGUES, T. C.; SOUZA, U. D. V. Geobias e imagens de alta resolução espacial aplicadas ao estudo de áreas costeiras em São Luís – MA: um estudo preliminar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa: INPE, p. 6867-6873.

VIEIRA, M. A.; FORMAGGIO, A. R.; RENNÓ, C. D.; ATZBERGER, C.; AGUIAR, D. A.; MELLO, M. P. Object Based Image Analysis and Data Mining applied to a remotely sensed Landsat time-series to map sugarcane over large áreas. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 123, p.553–562, 2012.

WEBSTER R.; MORGAN, R.P.C. Soil Erosion and Conservation, 3rd edition. Blackwell Publishing, Oxford, 2005. **European Journal of Soil Science**. v. 56, n. 5. p. 686–686, 2005.

WHITESIDE, T. G.; BOGGS, G. S.; MAIER, S. W. Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Enschege, v. 13, n. 6, p. 884-893, 2011.

WIGGERS, K. L.; RIBEIRO, S. R. A. Validação da classificação do uso e cobertura da terra mediante visita “in loco” e imagem de VANT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 10., 2015, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: SBIAGRO, 2017. p. 1-10.

XAVIER, A. P. C.; SILVA, R. M. Modelagem temporal dinâmica do uso e ocupação do solo baseado em SIG para a bacia do Rio Tapacurá (PE). **Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 193 - 210, 2018.

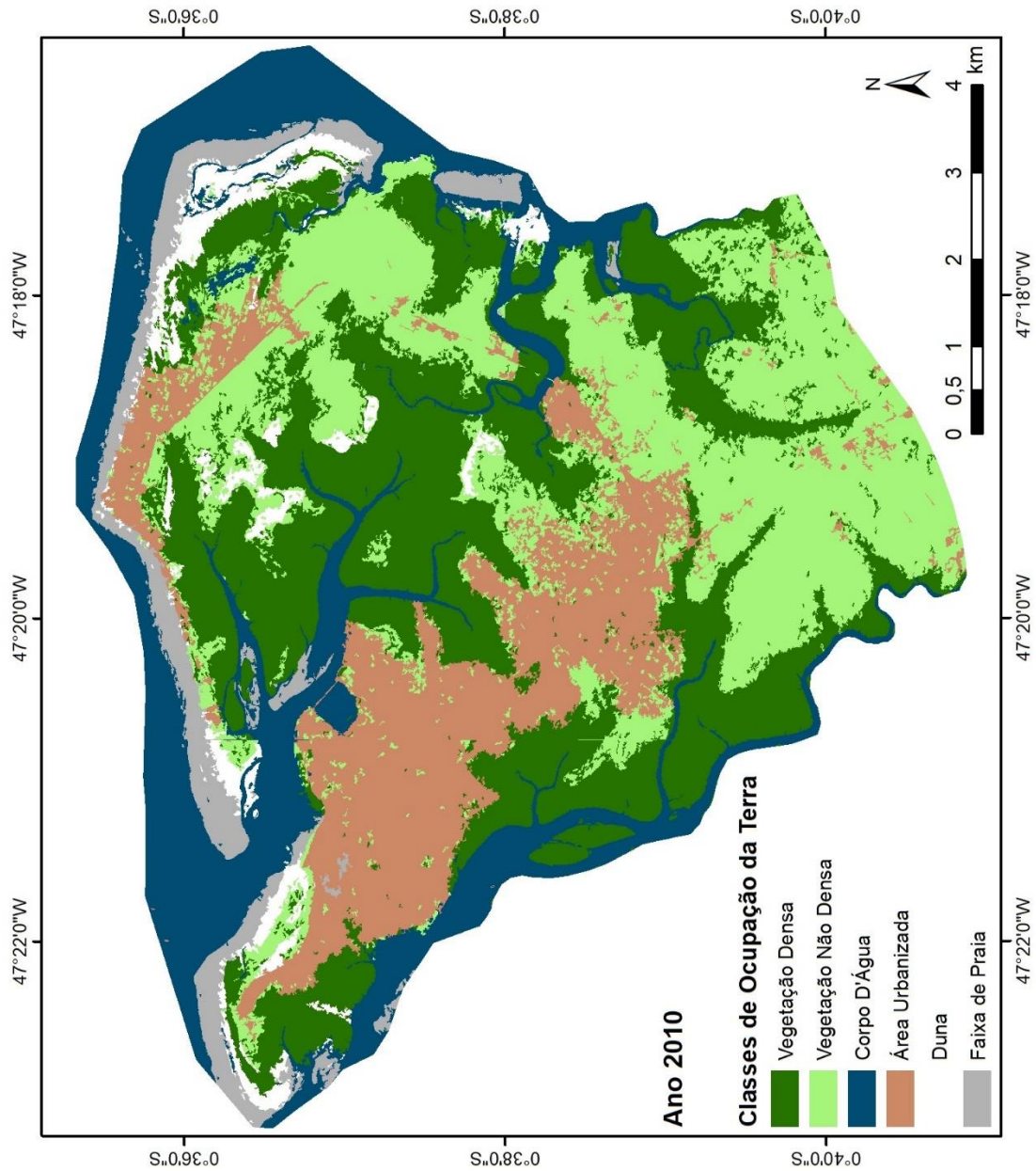
ZACHAR, D. **Soil erosion: Developments in soil science**. New York: Elsevier Scientific, 1982. 547p.

ZAR JH. **Biostatistical Analysis**, 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

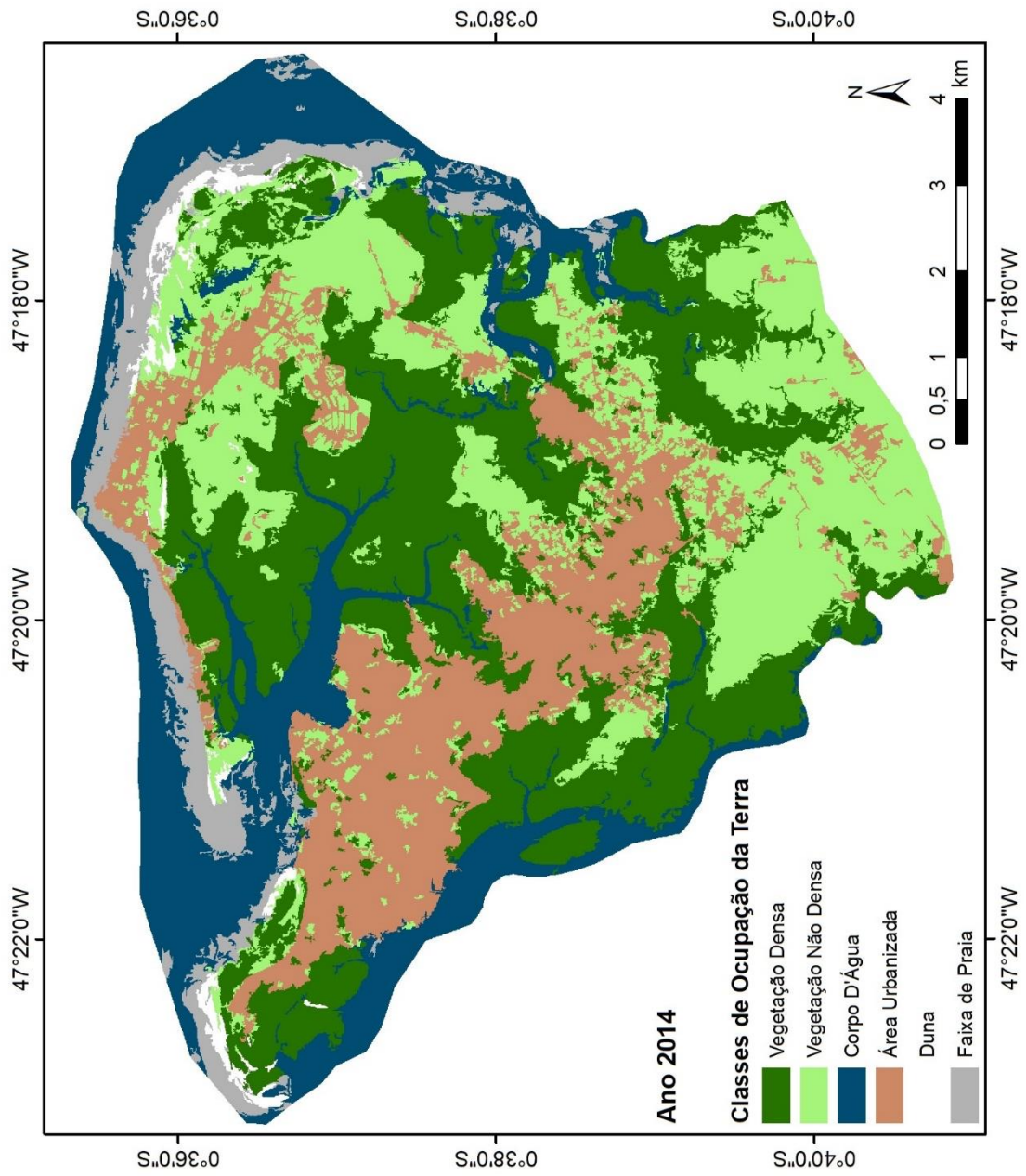
APÊNDICES

APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DE OCUPAÇÃO DA TERRA

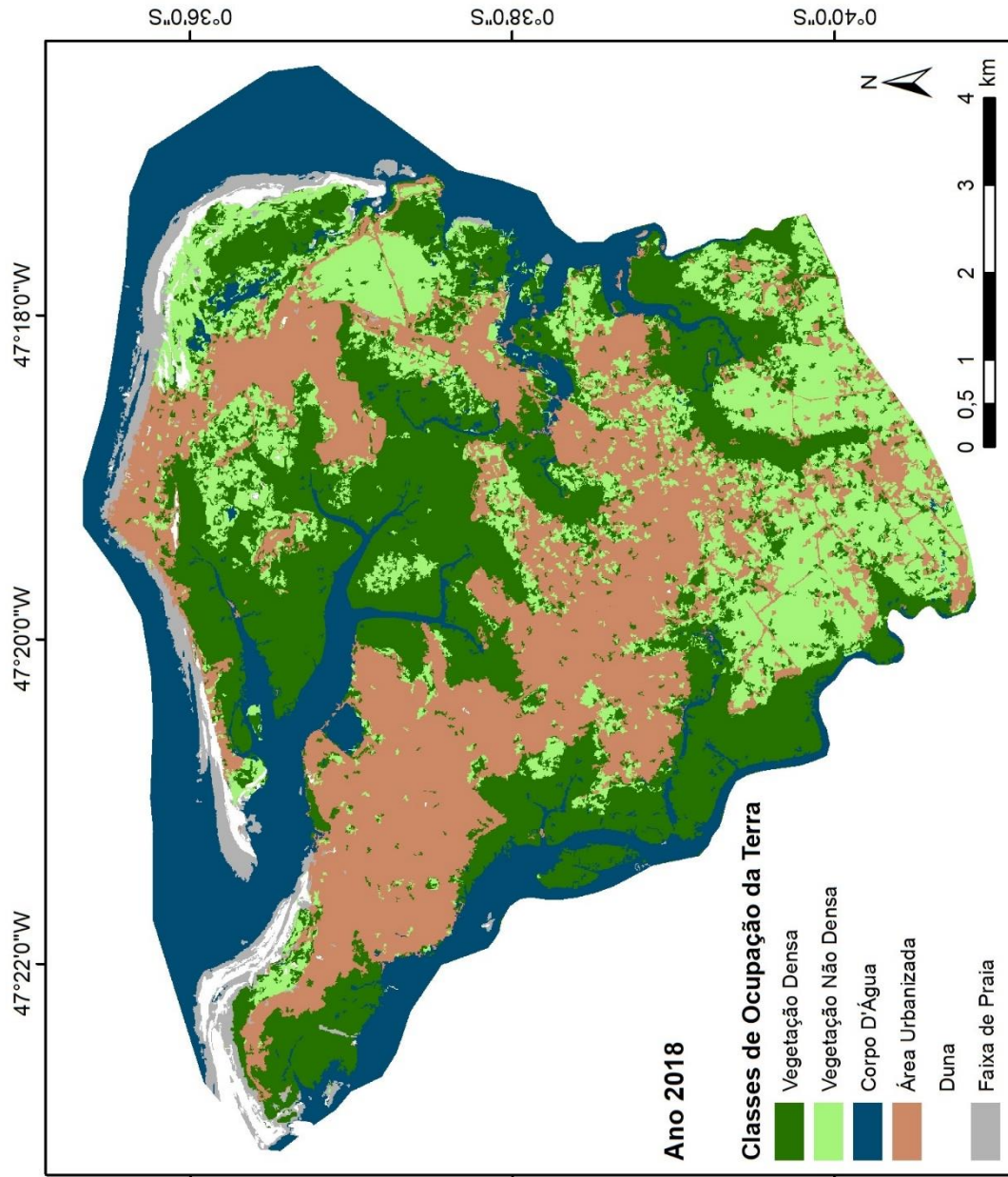
Ano 2010



Ano 2014



Ano 2018



APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS

PONTOS	COORDENADAS*		DESCRIÇÃO
	LONGITUDE	LATITUDE	
P 1	47°22'32,478"W	0°36'21,398"S	Praia das Corvinas. Área de orla urbanizada; veg. de mangue e restinga bastante visível. Impacto mais visível: resíduos sólidos, especialmente nos manguezais. Impacto razoável de construção irregular.
P 2	47°21'49,5"W	0°36'54,0"W	Bairro Maçarico. Área Urbanizada residencial e comercial; pavimentação consolidada.
P 3	47°21'50,496"W	0°37'28,504"S	Área comercial – Mercado de Peixe. Área urbanizada comercial próxima ao porto. Urbanização consolidada.
P 4	47°21'21,371"W	0°37'33,643"S	Área Urbanizada residencial e comercial; pavimentação consolidada.
P 5	47°20'55,03"W	0°36'56,809"S	Praia do Maçarico. Orla urbanizada; alta degradação; vegetação não preservada; risco de erosão e acidentes. Presença de pousadas, restaurantes e residências.
P 6	47°20'37,47"W	0°37'32,144"S	Área residencial; urbanização consolidada.
P 7	47°20'10,915"W	0°37'1,735"S	Próximo à margem do Rio Sampaio. Área residencial; urbanização consolidada.
P 8	47°20'30,703"W	0°38'16,131"S	Área comercial às margens na avenida principal, com urbanização consolidada; intensa circulação de pessoas.
P 9	47°19'40,163"W	0°37'50,005"S	Área residencial; urbanização consolidada.
P 10	47°20'17,854"W	0°38'46,969"S	Área residencial; urbanização consolidada.
P 11	47°19'32,025"W	0°38'14,418"S	Área residencial; urbanização consolidada.
P 12	47°19'38,45"W	0°38'49,539"S	Próximo à entrada da cidade. Área residencial e comercial, com urbanização estabelecida.
P 13	47°19'2,472"W	0°39'7,099"S	Próximo à entrada da cidade. Área residencial e comercial, com urbanização estabelecida.
P 14	47°18'41,485"W	0°38'30,693"S	Próximo a ponte do Rio Arapepó. Área parcialmente urbanizada, mas bastante impactada pela obra de duplicação da PA-444. Residencial e comercial; próx. a área de aterro de manguezais.
P 15	47°18'9,791"W	0°37'34,157"S	Outro lado da ponte do Rio Arapepó. Área parcialmente urbanizada, mas bastante impactada pela obra de duplicação da PA-444. Residencial e comercial; próximo à área de aterro de manguezais.
P 16	47°18'15,787"W	0°36'49,614"S	Nas proximidades do Aqualand <i>Resort</i> . Área original altamente modificada pela construção do <i>resort</i> .
P 17	47°18'20,07"W	0°36'11,495"S	Ilha do Atalaia. Área com avanço de urbanização, destinada principalmente para a população flutuante, visto a baixa circulação de pessoas em períodos fora da temporada turística.
P 18	47°19'16,178"W	0°35'36,802"S	Praia do Farol Velho. Orla urbanizada com processo avançado de erosão; região de expansão urbana; lançamento irregular de esgoto bastante visível.
P 19	47°18'45,7"W	0°35'41,7"S	Praia do Atalaia.

			Orla completamente urbanizada; Grandes empreendimentos e restaurantes; ocupação de área de praia, dunas e restinga; lançamento irregular de esgoto dos restaurantes bastante visível.
P 20	47°21'03,5''W	0°37'23,6''S	Bairro Taperinha. Área urbana consolidada. Predominantemente comercial. Centro urbano.
P 21	47°20'08,18''W	0°38'22,10''S	Bairro Bom Jesus. Área urbana consolidada. Comercial e residencial. Centro urbano. Avenida principal.

*Projeção geográfica. Datum SIRGAS 2000.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIOS

Questionário 1 – Representantes da Prefeitura Municipal

Título da Pesquisa: **Modelagem Espacial Dinâmica dos Cenários de Ocupação da Terra e sua Influência na Suscetibilidade à Erosão em Salinópolis – PA, Brasil.**

Orientador: Adriano Marlisom Leão de Sousa

Pesquisadora Doutoranda: Amanda Gama Rosa

Obs: Os questionários serão orientadores, pois as entrevistas são qualitativas.

Nome:

Cargo:

Bloco 1 – Caracterização Populacional

1. Qual a população flutuante aproximada do município?
2. Qual o percentual aproximado de residências e segundas residências?

Bloco 2- Tendência de Ocupação Atual

3. Quais as regiões de maior preferência pela a população flutuante e pela população permanente?
4. Quais as regiões de maior e menor especulação imobiliária?
5. Houve algum acontecimento que alterou a dinâmica de ocupação urbana nos últimos 15 anos?
6. Com a construção da ponte que liga a sede do município à Ilha do Atalaia, na PA-444, observou-se alterações: no mercado imobiliário? Nos costumes? Na migração?

Bloco 3 – Diretrizes, Instrumentos Legais e Trâmites para a Ocupação

7. Quais as diretrizes para ocupação da zona costeira do município em termos de expansão imobiliária?
8. Quais os instrumentos legais de gestão costeira no município?
9. Quais os trâmites e restrições impostos pela prefeitura à construção de residências nos lotes litorâneos?
10. Quais os trâmites e restrições impostos pela prefeitura à construção de empreendimentos (hotéis, parques aquáticos, restaurantes, entre outros) nos lotes litorâneos?
11. Existem projetos de novas obras de urbanização (expansão da malha viária, saneamento ou da rede elétrica, construção de grandes avenidas ou novas vias de acesso a outras regiões, etc.) a serem realizadas no município? Quais? Onde?
12. Existem projetos de grandes empreendimentos privados a serem instalados no município? Quais? Onde?

Bloco 4 – Aspectos Ambientais

13. Existe algum plano de Unidade de Conservação?
14. Quais os principais problemas da ocupação costeira identificados pela prefeitura?

Questionário 3 – População

Pesquisa: “**Modelagem espacial dinâmica dos cenários de ocupação da terra e sua influência na suscetibilidade à erosão**” em Salinópolis – PA, Brasil.

Orientador: Adriano Marlisom Leão de Sousa

Pesquisadora Doutoranda: Amanda Gama Rosa

Nome:

Bloco 1 – Formação Socioespacial

1. Há quantos anos é morador do município?

1 a 5 anos 5 a 10 anos 10 a 15 anos 15 a 30 anos Mais de 30 anos

2. Qual o período de aquisição do espaço em uso (década)?

1960 1970 1980 1990 2000 2010

3. Qual era o ambiente existente na aquisição do espaço em uso?

Cordões arenosos Dunas Campo entre dunas Restinga Mangue
 Terra firme

4. Houve orientação técnica ou fiscalização ambiental por parte dos órgãos competentes durante o processo de aquisição?

Ausente Parcial Integral

5. Qual o motivo de aquisição do espaço em uso no município?

Residência 2° Residência Comércio/Serviços Outro: _____

Bloco 2 – Tendência de Ocupação Atual

6. Qual o bairro/região de moradia? [x]

Destacado Pedrinhas Nova Brasília São José Prainha

Atlântico I Atlântico II Porto Grande Guarani São Vicente

São Tomé Atalaia Bom Jesus I Bom Jesus II Barreiro

Ponta da Agulha Brasília Centro Zona Rural Praia do Atalaia

Praia do Farol Velho Praia do Maçarico Praia da Corvina Outro: _____

7. Qual o motivo de aquisição desse espaço em seu bairro?

Imóvel mais barato Mais perto da urbanização consolidada

Mais perto da praia Mais perto do local de trabalho Outro: _____

8. Pretende se mudar para outro bairro/região?

Não Sim. Qual? [-]

8.1. Se sim, por qual motivo?

Ausência de serviços públicos Acessibilidade ruim Especulação Imobiliária

Erosão Costeira Baixo fluxo de visitantes Outro: _____

9. Durante o processo de ocupação do município, você percebeu preferência por quais regiões?

- Destacado Pedrinhas Nova Brasília São José Prainha
- Atlântico I Atlântico II Porto Grande Guarani São Vicente
- São Tomé Atalaia Bom Jesus I Bom Jesus II Barreiro
- Ponta da Agulha Brasília Centro Zona Rural Praia do Atalaia
- Praia do Farol Velho Praia do Maçarico Praia da Corvina Outro: _____

10. A seu ver, quais fatores têm influenciado a preferência por essas regiões?

- Proximidade à centros urbanos Proximidade às praias
- Presença de infraestrutura Proximidade à pontos turísticos
- Outros: _____

Bloco 3 – Aspectos Ambientais

11. Você observou mudanças no ambiente desde o período estabelecido no município?

- Não Sim

11.1. Se sim, quais as principais mudanças no ambiente observadas?

- Ocupação dos campos de dunas Ocupação de manguezais
- Urbanização das praias Avanço dos loteamentos
- Construção de grandes obras Expansão sobre áreas rurais
- Outro: _____

APÊNDICE D – FICHA DE CAMPO (GEOINDICADORES)

FICHA DE CAMPO

Local: _____

Ponto: _____

Coordenadas: _____

Data: _____ Hora: _____ Clima: _____

Avaliação por Geoindicadores

Indicador	Atributo do indicador	Peso	Avaliação
Taxa de erosão*	Erosão Severa	3	
	Erosão	2	
	Estabilização	1	
Dunas	Ausência	3	
	Poucos ou descontínuas	2	
	Altas e contínuas	1	
Estado da duna	Alterada	3	
	Pouco Alterada	2	
	Natural	1	
Tipo de duna frontal (altura)	Ausência	3	
	Presença escarpada	2	
	Presença sem escarpada	1	
Vegetação da duna frontal	Ausente	3	
	Presente e esparsa	2	
	Estabelecida	1	
Parâmetros interiores	Duna removida ou ausente; lago ou lagoa; manguezal	3	
	Descontínua c/ vegetação; planície de inundação; interdunas; terraços baixos	2	
	Duna alta bem desenvolvida, planalto costeiro	1	
*Atributo do indicador	Características		
Erosão Severa	Dunas ausentes com leques de sobrelavagem frequentes; Escarpamento ativo de falésias ou remanescente de dunas por ondas; Canais de maré expostos na zona de surf;		

	Vegetação ausente; Falésias ativas; Escarpamento da praia evidente "destruição parcial", evidencias de estrutura de contenção anteriores
Erosão	Dunas escarpadas ou fragmentadas; Lama ou pedaços de árvores expostos na praia; Praia estreita ou ausência de praia seca; Vegetação efêmera ou derrubada ao longo da linha de escarpa. Sinais de instabilidade
Estabilização	Dunas e cristas praias robustas, sem ruptura, vegetadas; Praia larga com berma bem desenvolvida; Leques de sobrelavagem ausentes; Vegetação bem desenvolvida de restinga no interior, arbustos de duna e gramínea pioneira.
Numeração das fotos:	

APÊNDICE E – CARACATERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DOS GEOINDICADORES

Pontos	X	Y	Taxa de Erosão	Dunas	Estado da Duna	Tipo de Duna Frontal	Vegetação de Duna Frontal	Estado da Duna Interior	Largura da Praia	Pontuação	Suscetibilidade
1	24437 6	9933976	1	2	1	1	3	2	1	1,45	1
2	24424 6	9934000	1	2	1	1	3	2	1	1,45	1
3	24404 8	9934034	1	2	1	3	3	3	1	1,74	2
4	24386 3	9934025	1	2	1	3	3	3	1	1,74	2
5	24365 5	9934041	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	24348 1	9934091	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	24332 6	9934128	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	24320 8	9934138	2	1	1	2	1	1	1	1,36	1
9	24306 3	9934157	2	2	3	1	2	3	1	2,1	2
10	24290 4	9934200	2	2	3	1	2	3	1	2,1	2
11	24272 9	9934233	1	3	3	3	3	3	1	2,28	2
12	24260 4	9934296	2	3	3	3	3	3	1	2,55	3
13	24237 9	9934324	3	3	3	3	3	3	1	2,82	3
14	24224 0	9934372	3	3	3	3	3	3	1	2,82	3

15	24213 2	9934409	3	3	3	3	3	3	1	2,82	3
16	24196 7	9934430	3	3	3	3	3	3	1	2,82	3
17	24183 5	9934518	3	3	3	3	3	3	1	2,82	3
18	24172 6	9934577	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	24162 4	9934544	3	3	3	3	3	3	2	2,91	3
20	24152 4	9934449	2	3	3	3	3	3	1	2,55	3
21	24140 6	9934316	2	3	3	3	3	3	1	2,55	3
22	24131 2	9934194	2	3	3	3	3	3	1	2,55	3
23	24121 0	9934059	2	3	3	3	3	3	1	2,55	3
24	24111 5	9933986	2	3	3	3	3	2	1	2,45	3
25	24100 4	9933933	2	3	3	3	3	3	1	2,55	3
26	24090 5	9933892	2	3	3	3	3	3	1	2,55	3
27	24080 0	9933860	3	3	3	3	3	2	1	2,72	3
28	24069 8	9933825	3	3	3	3	3	2	1	2,72	3
29	24060 7	9933763	2	3	3	3	2	2	1	2,36	2
30	24049 8	9933725	2	3	3	3	3	2	1	2,45	3
31	24040 6	9933672	2	3	1	3	1	3	1	2,01	2
32	24030 9	9933614	2	3	1	3	1	3	1	2,01	2

33	24020 1	9933596	2	3	1	3	3	3	1	2,19	2
34	24013 0	9933576	2	3	1	3	3	3	1	2,19	2
35	24003 6	9933549	2	3	1	3	3	3	1	2,19	2
36	23993 1	9933525	2	3	1	3	3	3	1	2,19	2
37	23983 2	9933508	2	3	1	3	3	3	1	2,19	2
38	23973 9	9933493	2	3	1	3	3	3	1	2,19	2
39	23963 5	9933469	2	3	1	3	3	3	1	2,19	2
40	23953 6	9933459	2	3	1	3	3	3	1	2,19	2