



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

THAÍS ELAINE PEREIRA DE SOUSA

SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO
MONITORAMENTO DA PAISAGEM NA RESEX MARINHA CAETÉ-TAPERACÚ,
BRAGANÇA-PA

Ananindeua, PA

2019

THAÍS ELAINE PEREIRA DE SOUSA

SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO
MONITORAMENTO DA PAISAGEM NA RESEX MARINHA CAETÉ-TAPERACÚ,
BRAGANÇA-PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em geoprocessamento, área de ciências exatas e da terra, da UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, como requisito parcial para a Obtenção do grau de Tecnólogo em Tecnologia em geoprocessamento.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda

Ananindeua, PA

2019

THAÍS ELAINE PEREIRA DE SOUSA

SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO
MONITORAMENTO DA PAISAGEM NA RESEX MARINHA CAETÉ-TAPERACÚ,
BRAGANÇA-PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de
Tecnologia em geoprocessamento, área de ciências exatas e
da terra, da UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, como
requisito parcial para a Obtenção do grau de Bacharel em
Tecnologia em geoprocessamento.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda

Ananindeua, PA,

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda

Orientador - Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Paulo Alves de Melo

Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Estevão José da S. Barbosa

Universidade Federal do Pará

“Não importa o que aconteça, continue a nadar”

(WALTERS, GRAHAM; Procurando Nemo, 2003)

AGRADECIMENTOS

Meus principais agradecimentos estão direcionados a todas as pessoas que não me deixaram desacreditar dessa conquista, foram meses de desânimo, onde todos lutaram junto comigo para que eu pudesse enxergar que a vida sempre segue em frente! Minha família que sempre se demonstrou como meu principal pilar, segue meu agradecimento vem a vocês.

Como não poderia deixar de ser, agradeço à mãe Maria Regina, que sempre cultivou nos seus filhos a vontade de estudar e crescer através dos estudos, em companhia a ela agradeço ao meu pai Bernardino Sousa, que a peso de muito suor nos trouxe uma educação com qualidade muito além do que nos era possível!

Minha saudade e gratidão aos meus avós maternos Manoel Luiz e Sebastiana Tereza, que tem um pedaço enorme pulsante no meu coração.

Minha família tem muitos espelhos onde tento me referenciar, meus irmãos de sangue e criação Thiago Pereira de Souza e Gabriel de Assunção Pereira, que enfrentam o mundo e sempre saem vitoriosos, às minhas tias Maria da Conceição e Luzia Assunção que são exemplo de cooperação e amorosidade! Enfim, fica registrada aqui minha eterna admiração por vocês.

No que tange a sala de aula só posso agradecer pela sorte de ter encontrado meu ninho com as “Pinas”, parceiras de graduação, e de vida! Tenho plena ciência que meu caminho teria sido outro se não as tivesse em minha vida! À Erlen Assis deixo minha declaração de almas irmãs.

Me mostro grata aos meus professores que sempre demonstraram paciência com nossas deficiências, e sempre exaltaram as qualidades que enxergavam dentro de sala de aula procurando nos incentivar ao máximo. Faço este agradecimento lembrando fortemente de meu orientador Lúcio Correia Miranda, que sempre acolheu com palavras de acalento mesmo quando esperava alguma repreensão.

Segue meu carinho também aos meus amigos do “Batatas”, que prezaram por me manter sã, compartilhando o peso da vida junto a mim em rodas de conversa aos finais de semana.

Por fim, sem muito me alongar, agradeço a todos que pensam em mim com carinho, e que se alegram com minhas conquistas! Espero que possa sorrir com as de vocês também!

RESUMO

A presente monografia baseou-se na análise socioambiental das unidades de paisagem inseridas na RESEX Marinha de Caeté-Taperaçú, almejando compreender a efetivação das pressões antrópicas na dinâmica espacial local. Para tanto, o estudo teve como alicerce a abordagem de análise integrada, na perspectiva geossistêmica, conforme as orientações de Bertrand (2004), dando enfoque ao potencial ecológico e a exploração biológica no contexto das paisagens. Para alcançar os objetivos foi realizado um estudo da dinâmica evolutiva num período de 30 anos, se apossando de técnicas de geoprocessamento, dando ênfase em sensoriamento remoto, subsidiando os procedimentos de mapeamento da variação multitemporal das unidades de paisagem. baseou-se na técnicas de processamento digital de imagens, com destaque na classificação supervisionada, para assim identificar e mapear a variação destas unidades ao longo do intervalo temporal delimitado, por meio do cruzamento de dados bibliográficos, cartográficos e quantitativos foi possível entender como a dinâmica de maré, tem contribuído para retrogradação da linha de costa, e para a migração das áreas de manguezal sobre as outras unidades de paisagem de cordões arenosos, planícies de chênier, pântanos salinos, dentre outras descritas no presente trabalho.

Palavras-chave: Monitoramento, Geossistema, Classificação Supervisionada, simulação

ABSTRACT

This monograph was based on the socio-environmental analysis of the landscape units inserted in the Caeté-Taperaçú Marine RESEX, aiming to understand the effectiveness of anthropic pressures in the local spatial dynamics. In order to do so, the study was based on an integrated analysis approach, from a geosystemic perspective, according to Bertrand (2004), focusing on ecological potential and biological exploration in the context of landscapes. In order to reach the objectives, a study of the evolutionary dynamics was carried out over a period of 30 years, taking over geoprocessing techniques, emphasizing remote sensing, subsidizing the procedures of mapping the multitemporal variation of the landscape units. based on the techniques of digital image processing, with emphasis on supervised classification, to identify and map the variation of these units over the delimited time interval, through the cross-referencing of bibliographical, cartographic and quantitative data, it was possible to understand how the dynamics of tide, has contributed to the retrogradation of the coastline, and to the migration of the mangrove areas over the other landscape units of sandy cords, chenier plains, saline marshes, among others described in this work.

Keywords: Monitoring, Geosystem, Supervised Classification, Simulation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fluxograma 1 - Esboço Teórico sobre geossistemas.....	18
Quadro 1 - Sistema Taxonômico utilizado em relação a escala das Unidades de Paisagem	20
Quadro 2 - Regiões espectrais utilizadas	27
Figura 1 - funções densidade de probabilidade para classes ω_1 e ω_2	30
Quadro 3 - Base de dados cartográficos	34
Figura 2 - Processamento para vetorização de um mapa pré-existente	35
Quadro 4 - Satélites e sensores utilizados na análise multitemporal da RESEX	36
Figura 3 - Procedimento para fusão de bandas	37
Figura 4 - Criação das assinaturas espectrais das classes catalogadas	38
Figura 5 - Aplicação do algoritmo de máxima verossimilhança através do ArcMap 10.1	39
Figura 6 - Conversão de raster a polígono	40
Fluxograma 2 – Simulação de uso o ocupação do solo para 2025.....	41
Figura 7 - Verificação dos parâmetros geométricos dos rasters utilizados.....	42
Figura 8 - Análise de mudança de áreas pela extensão MOLUSCE.....	42
Figura 9 - Modelada através de Artificial Neural Network (ANN).....	43
Figura 10 - Cellular automata simulation	44
Mapa 1 - Localização da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú.....	46
Mapa 2 - Geomorfologia de RESEX Marinha Caeté-Taperaçú	48
Mapa 3 - Pedologia da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú.....	52
Mapa 4 - Vegetação da RESEX Caeté-Taperaçú	54
Fotografia 1 - Curral de pesca realizada sobre bancos arenosos	56
Fotografia 2 - Efeitos da erosão costeira na infraestrutura urbana em Ajuruteua	57
Fotografia 3 - Vegetação de manguezal conservado sobre planície fluvio-marinha	58
Fotografia 4 - Campos salinos.....	61
Mapa 5 - Síntese da paisagem da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú.....	62
Mapa 6 - Uso e cobertura da terra de 1985.....	65
Mapa 7 - Uso e cobertura da terra de 2018.....	67
Quadro 5 - Variação das áreas de uso e ocupação do anos 1985-2018	68
Gráfico 1 - Variação das área de uso e ocupação do anos 1985-2018.....	71
Mapa 8 - Simulação uso e cobertura do solo para o ano de 2025	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANN	Artificial Neural Network
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMbio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MOLUSCE	Modules for Land Use Change Evaluation
PDF	Portable Document Format
REDEMA	Restauração dos Manguezais Degradados em Bragança
RESEX	Reserva Extrativista Marinha
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFPA	Universidade Federal do Pará
USGS	United States Geological Survey
ZC	Zona Costeira

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	3.1 PAISAGEM COMO CATEGORIA DE ANÁLISE.....	14
3.2	CARTOGRAFIA DA PAISAGEM	18
3.3	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UC).....	21
3.4	SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO AMBIENTAL	26
3.4.1	Classificação supervisionada	28
3.4.2	Simulação de um cenário futuro de uso e ocupação do solo	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1	LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS CARTOGRÁFICOS 33	
4.2	PROCEDIMENTOS DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA.....	36
4.3	SIMULAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO PARA O ANO DE 2025 POR MEIO DA EXTENSÃO MOLUSCE	40
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	45
5.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	47
5.2	HIDROGRAFIA E CLIMA	49
5.3	SOLOS	49
5.4	VEGETAÇÃO DA RESEX MARINHA CAETÉ-TAPERACÚ	53
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
6.1	UNIDADES DE PAISAGEM DA RESEX MARINHA CAETÉ-TAPERACÚ DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA	55 63
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
	REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

A paisagem costeira apresenta uma dinamicidade extremamente acentuada, por conta de seu grau de complexidade na interação entre os elementos físicos e antrópicos. Barra (2015) afirma que, nestas regiões, dentre os elementos físicos modificadores da paisagem destacam-se a ação das ondas, correntes oceânicas e ventos, que podem causar remodelações naturais ao longo da linha de costa. Assim também como os fatores dinâmicos que atuam sobre as unidades de manguezal, dunas, restingas e apicuns que integram esse sistema de paisagens costeiras.

A zona costeira é um espaço geográfico de interação entre o oceano e o continente de alta dinamicidade espacial decorrente de processos naturais e antrópicos, onde se desenvolvem diversas atividades de cunho turístico, habitacional e econômico. Os ambientes costeiros são historicamente zonas potenciais para as ocupações humanas, mas, a intensificação de uso das regiões litorâneas tem desencadeado preocupações quanto às suas alterações em detrimento das interferências antrópicas. Estas áreas (zona costeira) constituem, aproximadamente, 20% da área de superfície das terras emersas do planeta, das quais os primeiros 60 km são habitados por cerca de 60 % da população (ALMEIDA, 2017).

O aumento da ocupação humana nas áreas próximas a linha de costa pode alterar o comportamento das unidades naturais, assim como pode acarretar prejuízos socioeconômicos para a população que habita e retira os recursos do ambiente costeiro para os seus sustentos. Neste contexto, se destacam os ecossistemas manguezais, um sistema extremamente complexo, dinâmicos e susceptíveis às influências diretas das ações antrópicas em diferentes escalas de atuação. É inegável o valor do manguezal para a vida ambiental e social das populações residentes em zonas costeiras, em consequência disto tem-se mostrado que esse ecossistema caracteriza-se como alvo de investidas que vieram a constituir políticas norteadoras de uso sob as perspectivas sustentabilidade. Isso reflete na adaptabilidade das populações residentes nesse ecossistema, em especial os que o usam como meio de subsistência (BLANDTT; GLASER, 2000).

A escolha da RESEX Caeté-Taperaçú como local de estudo se deu devido a sua importância para os sistemas ecológicos (locais e regionais) e sua relevância socioeconômica para a região Bragantina e, em especial, para o município de

Bragança. A RESEX Caeté-Taperaçú, localizada ao norte no município de Bragança, agrega sua potencialidade e limitações relacionadas às interações entre os fatores de ordem naturais e antrópicos, sofre com intensos impactos ambientais em períodos de veraneio decorrente de seu caráter turístico. Ela abriga três povoados, sendo a Vila Bonifácio, a que concentra maior densidade populacional, dentre outros vilarejos ali inseridos, destacam Ponta de Ajuruteua e Vila do Castelo. A RESEX, oferece, dentre outras contribuições, condições básicas para proteção dos modos de vida e a cultura dessas populações tradicionais, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade (ICMBIO, 2012).

Dentre as pressões antrópicas destacam as construções irregulares ao longo da praia de Ajuruteua, que ao longo dos anos vêm crescendo explosivamente em decorrência da atividade turística, provocando, assim, mudanças físicas quanto à organização espacial das comunidades. Em decorrência aos processos erosivos existe há um movimento de migração da zona populacional de Ajuruteua para a Vila Bonifácio, no entanto nesse processo a uma supressão das área de manguezal e das planícies de chênier (PEREIRA et al., 2006).

A falta de planejamento sobre o uso e ocupação decorrentes de todo impacto causado pela ocupação desregulada, vem trazendo consequências ambientais na qualidade de vida da população da ilha, como perda da qualidade de água, em consequência do despejo indevido de esgoto das residências ali presentes, acúmulo de lixo e dejetos sólidos que poluem visualmente a cena costeira, a redução das espécies de fauna marinha que servem de subsistência para as comunidades locais, expostos às consequências da poluição e do consumo exploratório, favorecendo, dentre outros, às alterações na geodinâmica costeira, caracterizando em nova morfologia local.

Em consequência desta crescente ocupação do espaço costeiro que provoca a degradação das unidades de paisagem, fez surgir a necessidade de estudos de monitoramento e gerenciamento ambiental, buscando sempre a estabilidade entre as ações de impacto e preservação do meio ambiente.

Apresenta-se, neste trabalho, uma análise evolutiva das unidades de paisagem existentes na RESEX Caeté-Taperaçú, elaborada através do diagnóstico das interação entre os fatores de ordem natural e antrópicos na escala espaço-temporal, subsidiando a compreensão dos impactos socioambientais em diferentes

unidade de paisagem. Procurou-se demonstrar a eficiência do geoprocessamento como ferramenta para os estudos relativos às paisagens costeiras, oferecendo suportes à efetivação de ações de gestão destes ambientes insulares costeiros.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diagnosticar a evolução espaço-temporal da paisagem da RESEX Caeté-Taperaçú com a aplicação do sensoriamento remoto, como subsidio à compreensão da sua especificidade sócio ambiental voltado ao planejamento ambiental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os aspectos físiconaturais das RESEX Caeté-Taperaçú (Geológico, geomorfologia, solo, vegetação, climatologia e hidrografia);
- Averiguar os parâmetros legais que instituem o manejo ambiental da zona costeira e em particular a RESEX Caeté-Taperacú.
- Realizar uma análise multitemporal da RESEX Marinha Caeté-taperaçú por meio a classificação supervisionada.
- Realizar uma simulação para uso e cobertura do solo para o ano de 2015 por meio das cadeias de Markov.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo tenciona compilar bases teóricas acerca da aplicação do método sistêmico de forma cronológica desde suas origens, tencionando exibir a evolução do conceito sob diversas óticas, e diversas escolas através do tempo, e de que maneira estas conceituações influenciaram para que Georges Bertrand elaborasse diante de sua perspectiva geográfica um esboço metodológico acerca das cartografia da paisagem.

Para a confecção deste presente trabalho foram também baseadas as pesquisas acerca do material acadêmico produzido pelas autoras Maria Thereza Ribeiro da Costa Prost e Carmena Ferreira de França, que dedicaram seus anos ao estudo do relevo na região amazônica, e como este elucidando a gênese, estrutura, dinâmica, taxonomia e cartografia das formas da paisagem.

Além de um breve resumo acerca da legislação das Unidades de Conservação, tomando como principal objetivo compreender os mecanismos de gestão da UC alvo de estudo, por meio do Plano de manejo da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú. Foi importante também para construção deste trabalho o desenvolvimento de tópicos acerca do sensoriamento remoto, e dos mecanismos e teoremas compilados em ambientes SIG, pois o mesmo tenciona expor como estas ferramentas tornam possíveis os estudos acerca do método geossistêmico.

3.1 PAISAGEM COMO CATEGORIA DE ANÁLISE

O debate conceitual a paisagem é objeto de diversas interpretações e abordagens, em linhas gerais, a paisagem sempre esteve muito ligada a visão humana, a exemplo disso Santos (1996) postula que a paisagem é apenas a porção da configuração territorial que é possível abarcar com a visão, essa também é a definição utilizada no Dicionário Aurélio. Constituindo-se numa concepção de paisagem que se restringe a mera visibilidade dos elementos concretos

Ao longo dos estudos efetivados, os registros demonstram que a primeira conceituação de paisagem foi dada por Humboldt, pioneiro na geografia física moderna, definindo como “a totalidade das características de uma região do planeta”. Para Humboldt o dado mais significativo para a caracterização da paisagem seria a vegetação. A partir do conceito de paisagem proposto por

Humboldt e adotado por outros naturalistas, os geógrafos produziram uma reflexão conceitual peculiar. A paisagem tornou-se objeto de estudo da geografia enquanto disciplina acadêmica (RITTER; MORO, 2012).

Ainda na escola Alemã, Ratzel insere uma ótica positivista ao estudo ambiental da paisagem, considerando as relações de causa que interagem na natureza. Por sua vez, Carl Troll, dá o ponto de partida para onde futuramente seria desenvolvido o conceito de geossistema, com a conceituação de ecótopo, como a extensão do conceito de biótopo à totalidade dos elementos geográficos, em especial os abióticos (PICHININ, 2009). Os últimos trabalhos realizados pela Escola Alemã com relação à Paisagem dizem respeito aos estudos de grande escala; levantamento cartográfico; cuidadosa classificação da Paisagem; diagnóstico de problemas e fragilidades da Paisagem, bem como seu uso e potencialidades, além da criação de uma base de dados por meio de um sistema de informações (Moura & Simões, 2010).

A abordagem russa acrescenta ao debate a temporalidade, procurando distinguir os processos de dinâmica temporária, o desenvolvimento histórico do complexo e os efeitos das ações antrópicas sobre ele (Moura & Simões, 2010). Desenvolvido por Sotchava (1962) a teoria geossistêmica utiliza os princípios sistêmicos e a noção de paisagem, em que os Geossistemas são fenômenos naturais englobando fatores econômicos e sociais, das paisagens modificadas pelo homem.

Apresentando uma escala com três níveis de tamanho: Geossistema Global ou Terrestre; Geossistema Regional de grande extensão (pequena escala); Geossistema Topológico de nível reduzido (grande escala). Para ele, o Geossistema, assim como o Ecossistema, é um modelo e um conceito teórico aplicável a qualquer paisagem, de qualquer tamanho. (Simões & Moura, 2010).

A abordagem americana é baseada na ecologia de ecossistemas e na modelagem e análise espacial. Seu desenvolvimento beneficiou-se do advento das imagens de satélite e das facilidades de tratamento de imagens e de análises geoestatísticas propiciadas pela popularização dos computadores pessoais (RITTER; MORO, 2012).

Metzger introduz uma visão sistêmica e integradora ao conceito de paisagem, considerando-o como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas,

sendo esta heterogeneidade dada por pelo menos um fator, se acordo com o observador em uma determinada escala (RITTER; MORO, 2012).

O estudo da paisagem nasce com a necessidade de colher dados e relacioná-los entre si, podendo entender a interdependência de suas feições, para assim entendermos a natureza de sua composição, sua cartografia deve contar um denso e detalhado inventário geográfico, pois sua compreensão se dá através de sistematizações de informações espaciais.

Paisagem é um termo usualmente utilizado pelas mais diversas áreas de conhecimento como o turismo, a geologia, ecologia, geografia e dentre outras, cada qual empregando um novo significado para o termo, no entanto, a relação homem-espaço natural sempre se faz presente dentro dessas perspectivas. Metzger (2001) explica essa relação no seu trabalho “Ecologia das paisagens”, onde afirma que:

O espaço é vivenciado de diferentes formas, através de uma projeção de sentimentos ou emoções pessoais, da contemplação de uma beleza cênica, da organização ou planejamento da ocupação territorial, da domesticação ou modificação da natureza segundo padrões sociais. A paisagem como noção de espaço, ganhando sentido e utilidade através da percepção do observador, pode ser o conceito principal de confluência dessas diferentes visões [...] As interpretações da paisagem sempre são feitas pelas lentes ou filtros da formação científica e da cultura do observador.

Segundo Troppmair e Galina (2008) paisagem é a fisionomia do próprio geossistema. O russo Sotchava é o primeiro a abordar a Teoria Geossistêmica como uma tentativa de analisar paisagens geográficas complexas, por conta de seu caráter dinâmico e da organização geográfica própria e um espaço que permite a compartimentação de todos os componentes de um geossistema, o que segura a sua integridade funcional (ROSOLEM, 2010).

O Sotchava reforça essa ideia em seu estudo sobre geossistemas (1962) ao afirmar que os mesmos são fenômenos naturais, todavia os fatores econômicos e sociais, ao influenciarem sua estrutura e peculiaridades espaciais, devem ser tomados em consideração e que em condições normais deve-se estudar, não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas divisões mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc.

É importante ressaltar que para este trabalho utilizaremos a definição de paisagem da perspectiva geográfica, que a partir década de 60 começou a ser abordada de maneira mais sistêmica, onde a paisagem passa a ser um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação (Metzger, 2001).

Para Bertrand (2004) a paisagem é, em uma determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. Onde segundo Lopes (2012) cada porção do espaço é fruto de interações únicas, que tornam a paisagem um conjunto singular, inseparável e em constante mutação.

Numa tentativa de síntese da paisagem, Bertrand (2004) estabelece um sistema taxonômico para o geossistema, possibilitando sua classificação em função da escala, caracterizando-o como uma unidade, um nível taxonômico na categorização da paisagem, sendo o geossistema proporcionado pela dinâmica entre potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica. Isto permite situá-lo na dupla perspectiva do tempo e do espaço.

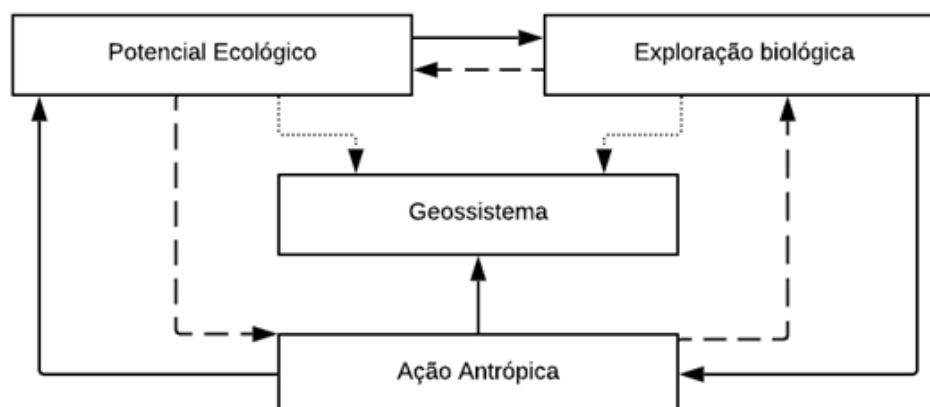
Para os estudos ambientais a teoria dos geossistemas veio muito a calhar, pois trouxe praticidade as análises do espaço geográfico com a incorporação da ação social na interação natural do potencial ecológico e a exploração biológica (Nascimento & Sampaio, 2005).

Bertrand (2004) define dentro do geossistema o que seria o potencial ecológico:

Este é a combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas, valor do declive, dinâmica das vertentes), climáticos (precipitações, temperatura) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos, nascentes, ph das águas).

Enquanto que a exploração biológica que é representada pela vegetação, solo e Fauna, como explicitado no fluxograma do esboço teórico sobre geossistema (Figura 1).

Fluxograma 1 - Esboço Teórico sobre geossistemas



Fonte: Adaptado de Bertrand (2004)

Segundo Moura & Simões (2010) as interações entre um conjunto de forças semelhantes conduzem às formas integradas, que lhes conferem uma série de características próprias. Não se podem considerar as unidades integradas como a simples soma de seus componentes, pois eles devem interagir de modo a formar uma estrutura que os converta em algo diferente.

3.2 CARTOGRAFIA DA PAISAGEM

Embora haja, como visto no tópico anterior, diversas abordagens teórico-metodológicas acerca do conceito de paisagem, diversos autores destacam a importância da geomorfologia na delimitação e hierarquização das unidades de Paisagem. Segundo Prost et. Al, (2011), atualmente, na maioria dos estudos de paisagem sob o ponto de vista da Geografia Física, onde imprescindível a participação do relevo.

Após a segunda Guerra mundial o aparato técnico-científico possibilitou reforçar a base que integra a geomorfologia a abordagem sistêmica. Teóricos da Geomorfologia climática como Büdel, Cholley, Tricart e Cailleux enfatizam o estudo sobre identificação de zonas e sistemas morfoclimáticos, estes que se caracterizam e se diferenciam por conjuntos de processos e formas particulares de relevo, que influenciam diretamente sobre a pedogênese e a cobertura vegetal (PROST et.al, 2011).

No entanto é importante frisar que as delimitações não são mais que modelos dedutivos da realidade, onde segundo Bertrand (2004) a delimitação não deve nunca ser considerada como um fim em si, mas somente como um meio de aproximação em relação com a realidade geográfica. E que ao oposto de se prender a classificações já pré-estabelecidas, se deve considerar o conjunto de dados compilados para classificar assim as suas unidades.

A construção eficiente de sistemas de informação depende da criação de modelos conceituais que sejam representativos da porção modelada da realidade. Se esse problema é projetado para a pesquisa ambiental, é considerado o acréscimo de complexidade nele envolvida. Torna-se necessário considerar o ambiente como um sistema, isto é, uma entidade que tem expressão espacial, a ser modelada segundo sua variabilidade taxonômica e a distribuição territorial das classes de fenômenos nela indicados como relevantes (EMBRAPA, 2007).

Segundo Bertrand (2004) o sistema taxonômico deve envolver em sua análise as escalas de tempo e espaço. Em decorrência disto a classificação taxonômica revela um caráter genético, servindo como instrumento para elucidar as relações de causa e efeito, entrada e saída de energia, inserida numa escala temporo-espacial.

Este mesmo autor defende uma classificação muito semelhante a Tricart (1965), em ordens de grandeza superior e inferior, sendo as ordens I, II, e III correspondentes a Zona, Domínio, e Região Natural respectivamente, estas escalas abrangem uma área de mapeamento a nível de milhares de km², e uma cronologia de milhares de anos. Para estas unidades os elementos climáticos e estruturais são essenciais, e objeto de foco para o entendimento de suas dinâmicas.

As unidades inferiores são de ordem IV, V, VI, VII, que correspondem a Geossistema (este com as escalas IV e V), geofáceis, e geótopos, possuem escalas que variam de 100.000 m² a 1 cm², suscitando uma análise local de microformas e microrelevos. Estas entidades dão enfoque aos elementos biogeográficos e antrópicos devido ao seu detalhamento de informações. Vale ressaltar que Bertrand (2004) destaca o geossistema como a unidade de escala que abrange maior número de fenômenos de interação de elementos da paisagem, sendo portanto ideal para adoção de estudos geográficos.

Quadro 1 - Sistema Taxonômico utilizado em relação a escala das Unidades de Paisagem

Unidades de Paisagem	Grandeza	Escala	Tempo	Exemplo	Unidades elementares				
					Relevo	Clima	Botânica	Biogeografia	Antropização
Zona	I	1:40.000.0000	10 ⁹	Tropical		Zonal		Bioma	Zona
Domínio	II	1:10.000.000	10 ⁸	Morfoclimático Amazônico	Domínio estrutural	Regional			Domínio região
Região Natural	III-IV	1:1.000.000	10 ⁷	Planície flúvio-marinhas com florestas e campos sobre solos arenosos e argilosos hidromórficos	Região Estrutural		Andar Série		Quarteirão rural
Geossistema	IV-V	1:500.000 1:100.000	10 ⁷ 10 ⁶	Campos em planícies alagáveis, com influência de maré e estabilidade dinâmica	Unidade Estrutural	Local		Zona Equipotencial	
Geofácies	VI	1:50.000 1:10.000	10 ⁴	Vertentes de sotavento dos cordões arenosos dunares com <i>Byrsonima</i> sp., <i>Chrysobalanus</i> sp. e <i>Ipomea</i> sp.			Estádio Agrupamento		Exploração Ou Quarteirão parcelado
Geótopo	VII	1:1.000 1:500	10 ²	Micro-canais de maré meandantes ou anastomosados margeados por <i>Rhizophora</i> sp., <i>Avicennia</i> sp. e <i>Lagunculária</i> sp.		Microclima		Biótopo Biocinese	Parcela

Fonte: Adaptado de Bertrand (2010) e Prost et al. (2011)

Para caráter de análise da paisagem, fazem se necessários as mais diferentes representações cartográficas: mapeamentos, fotografias aéreas e imagens de satélite de diferentes épocas, as quais servem para cálculo de métricas que descrevem globalmente a variação das características da paisagem (Baca et al, 2007)

Levando em consideração o que foi anteriormente explicitado em relação à paisagem e ao seu caráter sistêmico, é natural que os conhecimentos relativos a eles possam ser armazenados em sistemas de informação. Segundo Silva (2007) o uso desses sistemas de informação é crescente para a representação de ambientes. Isto se deve, exatamente, à capacidade que possuem de considerar, de forma

integrada, a variabilidade taxonômica, a expressão territorial e as alterações temporais verificáveis em uma base de dados georreferenciada.

O estudo da paisagem busca investigar o possível relacionamento entre entidades ambientais, e para tal, a computação se demonstra muito útil, trabalhando de maneira integrada. De acordo com Florenzano (2008) o desenvolvimento dos SIG deu um novo impulso aos métodos de mapeamento integrado. Pois com a utilização desses sistemas, é possível integrar mapas temáticos e obter um mapa síntese de uma determinada região de estudo.

Para entender a dinâmica evolutiva da paisagem é necessário mapear e compreender como esse espaço é utilizado através do tempo, sendo assim bastante indicado que o passo inicial para a delimitação de unidades de paisagem seja a compreensão do uso e cobertura da terra. Filho (1998), destaca as fotografias aéreas e os dados de sensores remotos como ferramentas essenciais para o entendimento e monitoramento dos fenômenos espaciais em consequência da periodicidade em que estas informações sobre a superfície terrestre são coletadas.

Ainda segundo o autor dados de sensores remotos oferecem variações em métodos de levantamento de informações pois:

Possibilita o emprego de algoritmos computacionais para o realce e classificação de padrões, facilitando assim o mapeamento de grandes extensões de um modo rápido e objetivo o que faz com que essa tecnologia represente uma importante fonte de dados para o desenvolvimento, refinamento e calibração de modelos de dinâmica de paisagem.

Em consequência a classificação de unidades de paisagem realizadas através da cartografia digital, servirão não somente em si, como instrumento de análise mas também darão subsidio para aplicações de algoritmos de processos estocásticos, ou seja, o sensoriamento remoto orbital permite cartografar as unidades de paisagem, representadas por particulares conjuntos de formações vegetais, solo e relevo e por fim, sequências de imagens multitemporais podem ser usadas para derivar estimativas das probabilidades ou frequência de transição.

3.3 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UC)

O conceito de Unidades de Conservação (UCs) é embasado no ideal de áreas naturais protegidas, nascida da necessidade de preservação de sítios

geográficos com características especiais. Onde desde o início da civilização se observava a tentativa de proteção a nascentes d'água, sítios arqueológicos, áreas de caça e recursos naturais, sendo o acesso à estas áreas restrita a um seleto grupo social (AQUINO, 2001).

As primeiras unidades de conservação foram criadas na década de 30, com a criação da Floresta Nacional de Lorena, no Estado de São Paulo, inicialmente eram classificadas como áreas intocáveis, criadas exclusivamente para a contemplação. Com a criação do parque em *Yellowstone*, nos EUA, nas décadas de 70 e 80, o Brasil acabou por seguir uma tendência global de passando de 8 unidades de conservação para 58 até o final dos anos 80 (AQUINO, 2001).

Conforme a Lei nº 9.985/2000 se estabelece a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), estabelecendo assim critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. De acordo com o SNUC, as UC's são definidas como:

Espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

As UC's são classificadas perante os seus órgãos de gestão, sendo estes a nível federal, estadual ou municipal, e quanto ao grau de intervenção permitido, podendo ser de proteção integral ou de uso sustentável. Por sua vez, cada grupo é subclassificado em diversas categorias, de acordo com o grau e o tipo de restrição de uso (IMAZON, 2012).

Segundo a Lei nº 9.985/2000 (SNUC), as unidades de conservação dividem-se em dois grupos com graus de intervenção distintos, são eles: unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável nos termos do artigo 7º.

Uma unidade de conservação integral é totalmente fechada a intervenções externas, sendo permitida sua visita somente em caso de pesquisa científica, e sob a autorização prévia à algumas atividades turísticas, com o intuito de educação e conscientização ambiental, esta classe de UC não admite qualquer exploração ou consumo de recursos naturais, não sendo aberta a permanência de populações em seu interior. Na definição do SNUC, proteção integral é a “manutenção dos

ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais”.

As unidades de proteção integral são divididas por cinco categorias de unidades de conservação: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de vida silvestre, segundo o artigo 8º do SNUC.

O 9º artigo da Lei nº 9.985/2000 institui as Estações Ecológicas como de posse do domínio público, aberta somente a visitas com objetivos educacionais e de pesquisa.

Reserva Biológica sendo de posse do domínio público, toda propriedade privada passa a se tornar da União através da desapropriação. Fechada e visita pública raras exceções de pesquisa e objetivos educacionais, conforme o artigo 10º do SNUC, a reserva biológica objetiva:

A Reserva Biológica tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.

Artigo 11º do SNUC define o Parque Nacional como terreno de domínio público, onde cabe ao plano de manejo definir normas e restrições a visitas ao público, sendo o órgão gestor o responsável pela autorização de pesquisas em seu interior, sendo seus objetivos:

O Parque Nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

O Art. 12. Define que o Monumento Natural tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica, podendo ser constituído de áreas particulares, podendo ser desapropriado caso haja alguma contravenção ao extipulado em Plano de Manejo.

O Art. 13. O Refúgio de Vida Silvestre tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória, podendo ser

constituído de áreas particulares, podendo ser desapropriado caso haja alguma contravenção ao extipulado em Plano de Manejo.

Segundo o (IMAZON, 2012), as UCs de Uso Sustentável são aquelas destinadas tanto à conservação da biodiversidade como à extração racional dos recursos naturais. Sendo permitidas atividades de turismo, a educação ambiental e a extração de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, com base no manejo sustentável e de acordo com o plano de manejo da unidade. As populações denominadas tradicionais podem permanecer em seu interior, desde que realizem atividades sob regime de manejo, “de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável” (SNUC, 2002).

As UC'S enquadradas no SNUC como as de uso sustentável são aquelas que visam conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável de uma parcela dos recursos naturais (SILVA, 2005). Sendo classificadas em sete categorias: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

A APA's (Área de proteção ambiental) geralmente possuem grandes extensões, apresentam geralmente níveis de ocupação antrópica. Segundo Silva, 2005 a APA deve dispor de um Conselho presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e da população residente. O 15º artigo estabelece que:

A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

A Área de Relevante Interesse Ecológico segundo o artigo 16º da Lei nº 9.985/2000 se conceitua como:

Uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso

admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.

A Floresta Nacional segundo o artigo 17º da Lei nº 9.985/2000 se conceitua como:

Uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.

A Reserva Extrativista segundo o artigo 18º da Lei nº 9.985/2000 se conceitua como:

Uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.

A Reserva de Fauna segundo o artigo 19º da Lei nº 9.985/2000 se conceitua como:

Uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos [...] sendo proibido o exercício da caça amadorística ou profissional.

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável segundo o artigo 20º da Lei nº 9.985/2000 se conceitua como:

Uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.

A Reserva Particular do Patrimônio Natural segundo o artigo 21º da Lei nº 9.985/2000 se conceitua como:

A Reserva Particular do Patrimônio Natural é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica. O gravame de que trata este artigo constará de termo de compromisso assinado perante o órgão ambiental, que verificará a existência de interesse público, e será averbado à margem da inscrição no Registro Público de Imóveis.

Posteriormente a criação de uma Unidade de Conservação deve-se gerar laudos técnicos abertos ao público geral, que tragam informações básicas sobre a esta UC. Segundo o artigo 27º da Lei da Lei nº 9.985/2000 determina que as Unidades de Conservação devem dispor de Plano de Manejo, contendo estudos sobre a área da UC, sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos,

buscando assim integração da unidade à vidas comunidades que a circundam. O prazo para a elaboração deste de plano é de cinco anos.

É importante ressaltar que os planos de manejo das unidades de uso sustentável devem conter ativamente a participação das comunidades tradicionais que deverão ajudar na elaboração, implementação e atualização do mesmo.

De acordo com Brasil (2002), este roteiro uniformiza metodologias e conceitos, e conseqüentemente estabelece diretrizes para o completo diagnóstico da UC, seu plano de manejo, zoneamento, e datas para avaliar e revisar as fases de implementação desses aspectos. De acordo com tal roteiro, o plano de manejo deve ser composto por seis seções: a contextualização da UC no cenário internacional e nos cenários federal e estadual; uma análise da região ou do entorno da UC e, de forma mais detalhada, da própria unidade de conservação. Estas duas etapas devem reunir o conhecimento necessário para a definição dos limites e o planejamento da UC e de seu entorno. As duas últimas seções – Projetos Específicos e Monitoria/Avaliação – estão vinculadas à implementação do plano de manejo (CHAGAS, 2003).

3.4 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO AMBIENTAL

O conceito de sensoriamento remoto parte de uma ampla discussão teórico-metodológica, que em seu cerne perduram muitas convergências e divergências. Para Elachi (*Apud*. Novo, 2010) o sensoriamento remoto nada mais é que obtenção de dados a partir da detecção e mensuração das interferências que um determinado objeto produz ao seu redor.

Esta definição é muito adequada quando se trata da dinâmica envolvida por trás da obtenção de informações através de sonares, que operam através de ondas mecânicas. Outra forma de aquisição de dados é através de sensores que registram as informações dos alvos por meio de diferentes faixas do eletromagnético, que segundo Novo (2010) são sistemas responsáveis pela conversão da energia proveniente dos objetos em um registro na forma de imagem ou gráfico que permita associar a distribuição da radiância, emitância ou retroespalhamento com suas propriedades físicas, químicas, biológicas, ou geométricas.

Estes sensores podem ser categorizados de diversas maneiras, em se tratando da fonte de energia emitida podemos classifica-los como sensores ativos e passivos. Sensores passivos são aqueles que dependem de radiação incidida pelo sol ou de uma fonte externa para poderem coletar informações sobre os alvos. Enquanto que os ativos possuem ferramentas próprias para geração de radiação, a exemplo disso temos radares e lasers, que produzem energia radiante para interação com seus alvos (NOVO, 2010).

Em todo sensor há uma série de propriedades características que dão ao usuário informações sobre o que se esperar dos dados coletados, estas são de natureza da sua geometria, a sua resolução espectral, e a resolução radiométrica, e resolução temporal.

Novo (2010), define resolução espacial como a menor feição passível de detecção pelo instrumento em questão. Ou seja, resolução espacial se refere ao tamanho da área no terreno representada por cada pixel.

Almeida (2018) considera a resolução espectral como o número de bandas espectrais no qual é dividida a cena imageada e a variação de frequência que pode ocorrer dentro de cada uma destas bandas. Onde cada banda resulta em uma determinada faixa do espectro eletromagnético, no quadro 2 pode-se observar as faixas do espectro eletromagnético juntamente com o seu comprimento de onda.

Quadro 2 - Regiões espectrais utilizadas

Nome da região	Nome do comprimento de onda	Comprimento de onda
visível	Violeta	0,38-0,45 μm
	azul	0,45-0,49 μm
	verde	0,49-0,56 μm
	amarelo	0,56-0,59 μm
	laranja	0,59-0,63 μm
	vermelho	0,63-0,76 μm
Infravermelha	Infravermelho próximo	0,80-1,50 μm
	Infravermelho de ondas curtas	1,50-3,00 μm
	Infravermelho médio	3,00-5,00 μm
	Infravermelho longo	5,00-15 μm
	Infravermelho distante	15,0-300 μm
Micro-ondas	Submilimétrica	0,01-0,10 cm
	Milímetro	0,10-1,00 cm
	Micro-ondas	1,0-100cm

Fonte: Novo (2010, p. 49)

Para Novo (2010) a resolução radiométrica de um sensor descreve sua habilidade de distinguir variações no nível de energia refletida, emitida ou retroespalhada que deixa a superfície do alvo. Ou seja, caracterizam na variabilidade em tons de cinza que um pixel pode apresentar.

Resolução temporal indica de quanto em quanto tempo o satélite demora para registra a imagem de um mesmo ponto da superfície. A periodicidade na coleta de informações de alvos na superfície terrestre, através dos sensores orbitais, é talvez a principal contribuição do sensoriamento remoto para monitorar os recursos naturais renováveis e não renováveis (DAINESE, 2001).

Uma das ferramentas utilizadas para se fazer o levantamento e reconhecimento do uso e ocupação dos solos é o sensoriamento remoto, em consequência da possibilidade de extrair informações de grandes áreas de cobertura, em frequentes intervalos de tempo, e principalmente da resposta dos alvos a radiação espectral.

A importância do conhecimento do comportamento espectral dos alvos se dá em consequência da resposta a combinação de banda e os filtros da composição colorida, pois dentre os procedimentos existem fusões que ressaltam características especiais a depender do propósito da análise realizada.

Segundo Lopes (2018) existe um conjunto prévio para a classificação o primeiro é “o processo de classificação multiespectral consiste em atribuir cada pixel de uma imagem de um grupo de classes”. O segundo é que devem ser pré definidas antes a classificação e possua propriedades bastante conhecidas. O terceiro é “que as classes podem ser definidas usando algumas propriedades observáveis da cena e não apenas valores de refletância”.

3.4.1 Classificação supervisionada

Classificação é o processo de interpretar imagens de sensoriamento remoto de forma automatizada. Para Santos, Ohata e Quintanilha (2013) as técnicas de classificação supervisionada consiste basicamente, em separá-los colocando-os em grupos previamente definidos. Podemos dizer que a classificação é um processo de extração de informação em imagens com o objetivo de reconhecer padrões e objetos homogêneos. No processamento de imagem, atributos relacionados a

intensidade dos pixels são naturalmente escolhidos para representarem objetos ou regiões das imagens num classificador.

A classificação supervisionada de imagens orbitais é um método amplamente utilizado em estudos de mapeamento e avaliação das mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo. Oliveira et al. (2013) entre os estudos sobre os métodos de classificação supervisionada de imagens, o algoritmo da máxima verossimilhança (Maxver) figura entre uma das metodologias mais aplicadas a estudos de caracterização, mensuração e monitoramento ambiental.

Por exemplo, a classificação de máxima verossimilhança é uma das técnicas de classificação de imagem mais utilizadas, pressupõe que os dados de cada classe exibem um valor normal gaussiano distribuição. Esta suposição muitas vezes se mostra improvável, pois durante o imageamento existem diversas variáveis que influenciam o comportamento espectral dos alvos. Mesmo se as suposições quanto à distribuição de dados seja satisfeitas, o desempenho da classificação dependerá da qualidade dos dados de formação utilizados, para formar um representante conjunto de treinamento que abranjam as variações das respostas espectrais que possam ocorrer dentro das classes a serem catalogada.

Para Zanetti, Braga e Duarte (2017) este método se adéqua a elipses, de modo que a localização, a forma e tamanho da elipse, refletem a média variância e covariância de duas variáveis. A distribuição dos valores de refletância é descrita por uma função de probabilidade que avalia a possibilidade de um determinado pixel pertencer a uma categoria e classifica o pixel para uma categoria à qual o mesmo tem maior probabilidade de associação.

Máxima verossimilhança é um método de classificação supervisionado que é baseado no estimação Bayesiana. Ele faz uso de uma função discriminante para atribuir pixel à classe com a maior probabilidade. O vetor médio de classes e a matriz de covariância são os principais insumos para a função e pode ser estimado a partir dos pixels de treinamento de uma determinada classe (ASMALA; SHAUN, 2012).

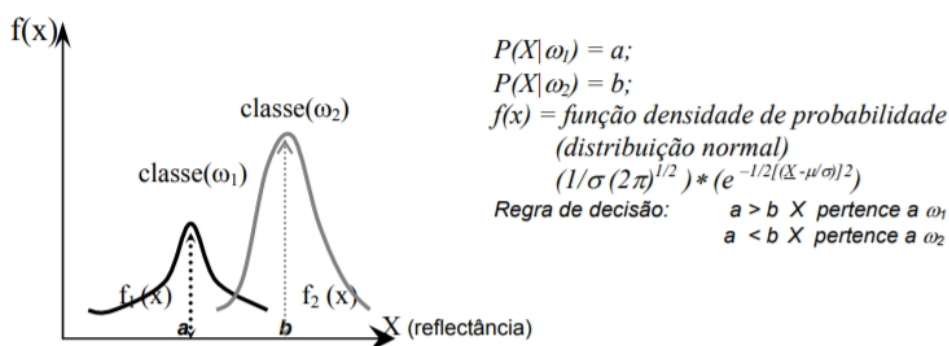
Para Antunes (2005), ω_i são as classes espectrais de imagem, onde o teorema de Bayes preconiza que a probabilidade de pixel x pertencer a uma classe ω_i , sendo dada por:

$$P(\omega_i | x) = P(x | \omega_i) \cdot P(\omega_i) / P(x)$$

A metodologia Bayesiana consiste em determinar a probabilidade de um evento ocorrer, determinados certos parâmetros, onde o principal conceito do método é a ideia de probabilidade *a priori* $P(\omega_i)$ e da probabilidade *a posteriori* $P(\omega_i | x)$. Onde a probabilidade *a priori* pode ser aprimorada ao através da associação de outros dados quantitativos. Estas novas amostras funcionam como um fator multiplicativo e representa uma melhora na precisão da informação inicial.

Logo um vetor de observação X poderá pertencer a uma classe ω_1 ou ω_2 de acordo com as probabilidades descritas pelas funções $f_1(x)$ e $f_2(x)$ expressos na figura X.

Figura 1 - funções densidade de probabilidade para classes ω_1 e ω_2



Fonte: Antunes (2005)

Assumindo que $P(\omega_i) \neq P(\omega_j)$ de diferentes probabilidades *a priori*, então, as funções discriminantes poderiam ser dadas pela seguinte expressão matemática:

$$g_i(X) = \ln P(x|\omega_i) \cdot P(\omega_i); \quad g_j(X) = \ln P(x|\omega_j) + \ln P(\omega_j);$$

Logo, $X \in \omega_1$ se $g_i(X) > g_j(X)$ para todo $j \neq i$.

Muitas vezes as probabilidades *a priori* são as mesmas, sendo assim, são desconsideradas no cálculo da probabilidade *a posteriori*:

$$g_i(x) = -0.5\{\ln|C_i| + d_i^2(X)\};$$

Onde o termo $-0.5\ln|C_i|$ releva algo sobre o tamanho e forma da função para classe ω_i ; e o termo $d_i^2(X)$ é a distância estatística baseada na variância.

O algoritmo de máxima verossimilhança é baseado na razão da máxima probabilidade, as assinaturas apresentarão distribuições normais e as distâncias calculadas levarão em conta a matriz covariância. Antunes (2005) simplifica esta expressão através da equação seguinte:

$$MV = \ln(ac) - [0.5 \ln(|Covc|)] - [0.5(X - \mu c)^t (1/Covc)(X - \mu c)]$$

Onde:

MV = distância com pesos;

c = classe;

X = vetor dos dados do pixel candidato;

μc = vetor média dos valores para classe c;

ac = probabilidade a priori de qualquer pixel pertencer à classe c;

Covc = matriz covariância da assinatura c;

|Covc| = determinante da matriz covariância;

1/Covc = matriz inversa da covariância;

Ln = logaritmo natural;

t = transposta.

Este tipo de classificação possui um desempenho superior ao de mínima distância (no qual a classificação não supervisionada é baseado), pois se assume um maior número de variáveis. No entanto, Antunes (2005) ressalta que existe uma tendência de superclassificação, ou seja, relacionar um maior número de pixels às amostras com maiores valores relativos contidos na matriz. Deve-se em mente que a classificação baseada em probabilidade estatística está sempre sujeita a erros. O resultado deve ser sempre confrontado com a realidade de campo.

3.4.2 Simulação de um cenário futuro de uso e ocupação do solo

Para (CAMARGO; VILLAMIL, 2018). Para fortalecer a base científica na tomada de decisão política questões acerca de questões ambientais que estão sendo desenvolvidas, a aplicação de modelos de simulação que preveem futuras mudanças na cobertura e uso da terra, constitui uma ferramenta muito útil tanto no contexto do planejamento territorial como na avaliação de impactos ambientais, a fim de antecipar os efeitos que as atividades antrópicas geram nos ecossistemas.

Considerando-se duas imagens da mesma paisagem tomadas por um determinado intervalo de tempo, em especial como cada elemento reage a dinâmica de expansão ou regressão, é possível calcular uma matriz de transição, e construir taxa de substituição, que nada mais é a porcentagem de mudança de cada classe. (BACA; NETTO; MENEZES, 2007).

Sendo a variação de estados da paisagem um dos principais alvos da dinâmica ambiental, pode-se derivar modelos de Markov a partir da análise de uso e ocupação do solo, em que cada variável refere-se a mudanças de ocorridas entre dois instantes de tempo. Pois as cadeias de Markov concernem na suposição de que para predizer um futuro da paisagem, basta conhecer seu estado atual, e sua evolução histórica.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a geração de uma cartografia sistemática necessária para a análise da paisagem da RESEX Caeté-Taperaçú, foi construída uma base de dados que reuniram as variáveis indicadas pela metodologia teorizada por Bertrand (2004), em uma escala de análise de 1:170.000, se enquadrando na IV grandeza taxônômica, o chamado geossistema, que dá enfoque ao potencial ecológico, aqui representado pelos dados geomorfológicos, climáticos e hidrográficos; vegetação clímax, e uso antrópico.

O desenvolvimento deste trabalho se deu através dos seguintes procedimentos: pesquisa bibliográfica, onde se levantou estudos e legislações de criação da RESEX Caeté-Taperaçú, através do SNUC, e dos documentos de plano de Manejo disponíveis pelo Ministério do Meio ambiente em conjunto com o ICMbio, buscando a coleta de dados para a descrição de seus aspectos físicos (Geologia, geomorfologia, hidrografia, climatologia, vegetação e Fauna) e socioeconômicos.

4.1 LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS CARTOGRÁFICOS

A pesquisa cartográfica está inserida como uma das etapas do levantamento bibliográfico, no entanto se caracteriza como mais uma fase da metodologia, pois existe todo um procedimento para a conversão em material utilizável em ambientes SIG. Alguns das bases cartográficas utilizadas nesta monografia foram encontradas no Plano de Manejo da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú, e das publicações dos autores Souza-Filho e El-Robrini, como demonstrado na Quadro 3.

Também foi utilizado metadados disponíveis em órgãos federais, como as bases de municípios cedidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as imagens de satélite Landsat - 5, Landsat 7 e Landsat - 8 foram logradas do catálogo de imagens disponíveis pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), além de bases litológicas proporcionadas pelo GeoSGB da Companhia de pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), e imagens SRTM (shuttle radar topography mission) cedido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Quadro 3 - Base de dados cartográficos

Fonte	Informação	Tipos de dados
IBGE	Malha de Municípios senso 2017, Carta planimétrica Ajuruteua SA.23-V-A-VI, Pedologia	Shapefile, PDF
USGS	Imagem Landsat 8, imagem SRTM	Raster
INPE	Imagem Landsat 5	Raster
CPRM	Unidades litoestratigráficas	Shapefile
Souza-Filho e Parandella	Mapa geomorfológico e Mapa de vegetação	PDF

Fonte: A autora (2019)

Os softwares utilizados para a realização deste trabalho tiveram como função desde a obtenção de bases cartográficas como o GIMP 2.8, se aplicou os procedimentos de corte e conversão do formato PDF à extensão TIFF, até o tratamento de dados matriciais e vetoriais como o software ArcGis 10.1, onde foram realizados todos os procedimentos de conversões cartográficas, ortorretificações, composições de bandas, realce de imagem, até finalmente a classificação supervisionada das unidades de paisagem da Resex Marinha Caeté-Taperaçú.

As bases cartográficas de vegetação e geomorfologia foram adquiridas em documentos disponíveis em repositórios online da UFPA (Universidade Federal do Pará), sua extensão de leitura em PDF (Portable Document Format), logo foi necessário o uso do software GIMP para a conversão em formato TIFF.

Feito isto os mapas passaram por um processo de georreferenciamento no ambiente SIG se utilizando da ferramenta "*georeferencing*", do ArcGis, tomando como base a imagem de SRTM para realizar sua retificação. Posteriormente foi realizada a conversão de Sistema de coordenadas tencionando padronizar e evitar erros no momento da vetorização das feições por meio do *ArcToolBox* ⇒ *Data Managent tools* ⇒ *Projections and Transformations* ⇒ *Define projection*.

Figura 2 - Processamento para vetorização de um mapa pré-existente

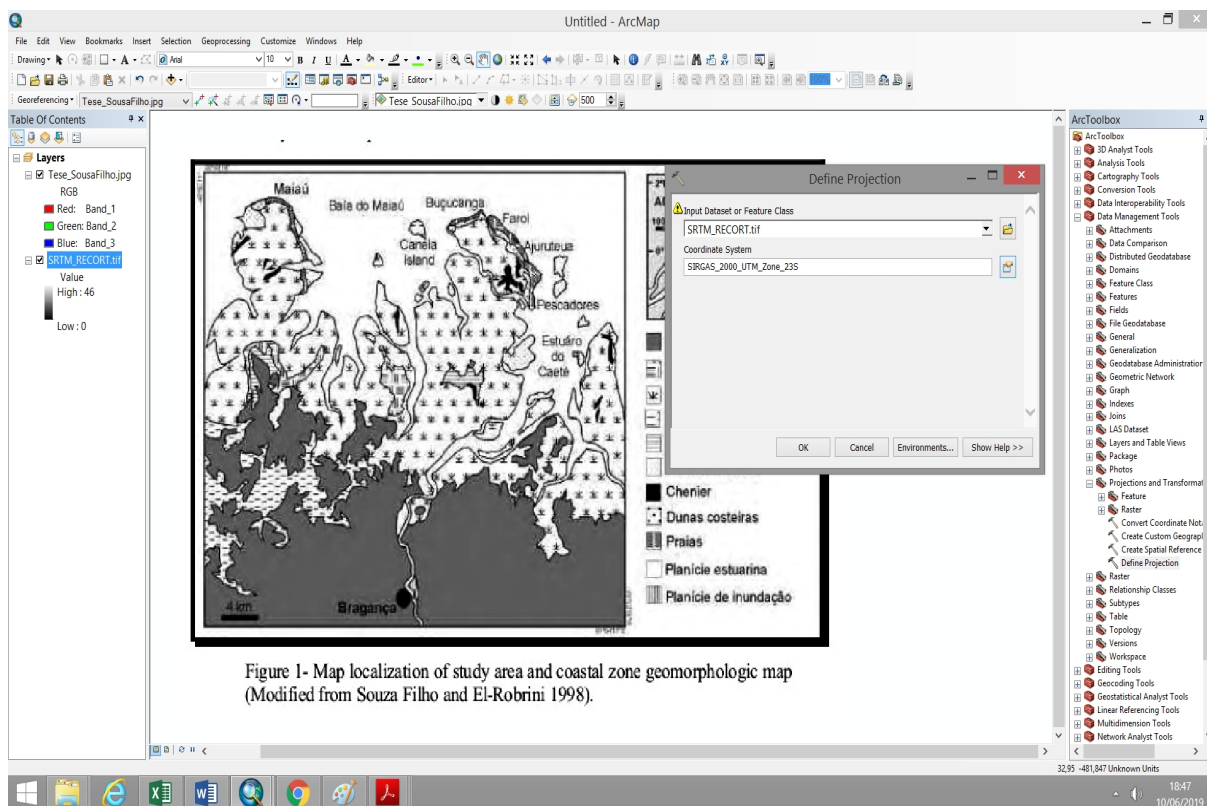


Figure 1- Map localization of study area and coastal zone geomorphologic map (Modified from Souza Filho and El-Robrini 1998).

Fonte: O autor (2019)

Realizado todos os procedimentos de georreferenciamento iniciou-se a etapa de vetorização das feições de subambientes geomorfológicos, tomando como base o Mapa de Souza-Filho & El-Robrini, para se efetuaram processamentos de recorte, e correção dos dados SRTM, através da ferramenta *Extraction* e *Conditional* do *ArcToolBox*, objetivando minimizar as distorções radiométricas nos pixels. Efetivada esta etapa a imagem foi classificada em 7 classes conforme as indicadas pelos autores, onde embasada pela cartografia existente foram delimitadas através de interpretação visual os limites de cada unidade respeitando a escala de 1:800.000 utilizada neste trabalho. Tendo como resultado as unidades de relevo: planície arenosa, planície fluvio-marinha de Intermaré, pântano salino externo, planície fluvio-marinha de Supramaré, chênier, crista de praia, e dunas costeiras.

Estas etapas foram realizadas também na confecção do mapa de vegetação da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú, utilizando a cartografia produzida pelo mesmo autor, sobre a imagem do Satélite Landsat 8, combinação de bandas 543, que tencionam ressaltar a variação da vegetação por toda a sua extensão. Foram mapeadas 5 classes de vegetação, sendo estas: campo arbustivo, manguezal

conservado, campo herbáceo, manguezal degradado, povoados e vegetação secundária.

4.2 PROCEDIMENTOS DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

A etapa seguinte visou a geração de mapas de uso e ocupação do solo através da classificação supervisionada dos alvos. Para tal foram usadas duas imagens de satélite da família LANDSAT: Landsat 5 sensor TM, datada em 24 de agosto de 1985, e uma imagem Landsat 8 sensor OLI, datada em 31 de Maio de 2018, ambas imagens possuem órbita-ponto 222-061 (ver Quadro 4), e resolução espacial de 30 metros, as imagens foram registradas nos meses do verão amazônico, onde a ocorrência de nuvens é mais baixa.

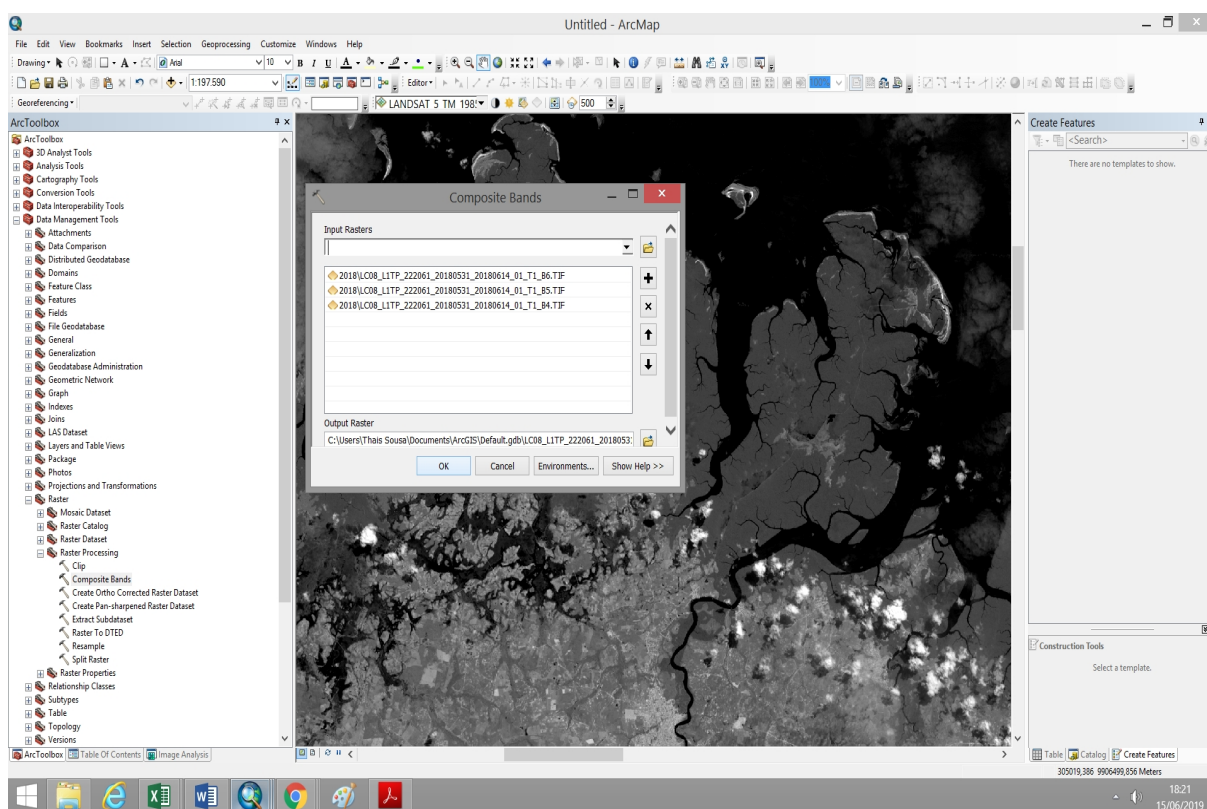
Quadro 4 - Satélites e sensores utilizados na análise multitemporal da RESEX

Satélite	Sensor	Ano	Órbita-Ponto
Landsat 5	TM	1985	222-061
Landsat 8	OLI	2018	222-061

Fonte: A autora

Para a realização da fusão de bandas multiespectrais foram importadas para a plataforma ArcGis 10.1 as bandas, 5 (Infravermelho médio), 4 (Infravermelho próximo), 3 (Vermelho), na imagem Landsat 5 de 1985 e, para imagem Landsat 8 de 2018, as bandas equivalentes 6 (Infravermelho médio), 5 (Infravermelho próximo), 4 (Vermelho visível). Este foi através dos passos: *ArcToolBox* ⇒ *Data Management tools* ⇒ *Raster* ⇒ *Raster processing* ⇒ *Composit Bands*.

Figura 3 - Procedimento para fusão de bandas



Fonte: O autor (2019)

Para o tratamento da imagem do ano de 1985 foi realizada reprojeção do *DATUM* WGS 84, para SIRGAS 2000 UTM zona 23S, através das mesmas ferramentas utilizadas nos passos de correção geom realizadas anteriormente, tomando como base a imagem LANDSAT 8 de 2018, já que para Canto, Júnior e Candeias, 2016, as imagens do Landsat 8 fornecidas pela USGS já estão ortorretificadas, não necessitando de processos de georeferenciamento.

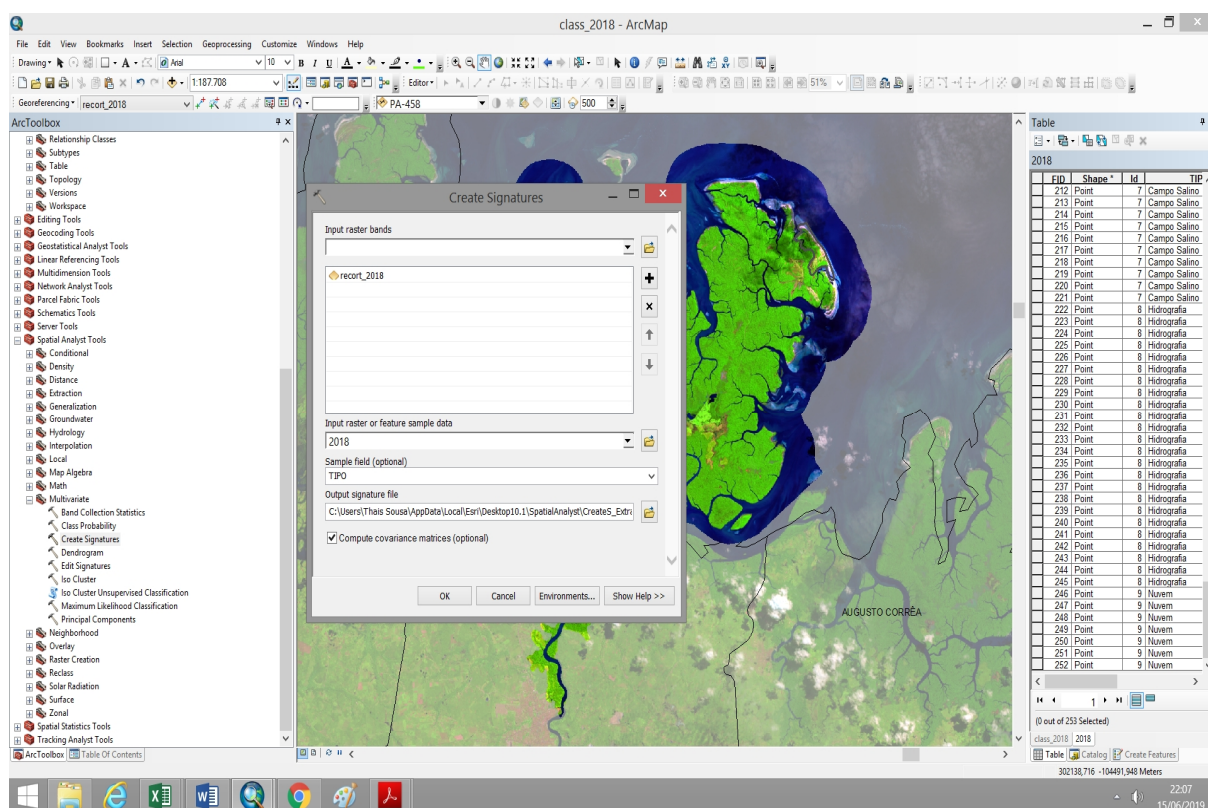
O processo seguinte tencionou restringir as leituras do pixels para a realização da classificação supervisionada somente na área de estudo, foi rodada a função *extraction* utilizando as imagens da família Landsat, e o vetor de limite da RESEX marinha Caeté-Taperaçú.

Realizados estes procedimentos de pré-processamento das imagens, foram criadas camadas vetoriais de pontos que tem como função registrar as coordenadas das amostras das classes avaliadas. As classes temáticas para mapeamento foram definidas levando-se em consideração as formas predominantes de uso e ocupação do solo na área de estudo. Para tal foram criados 776 pontos para a imagem de 1985, onde foram catalogadas 9 classes a partir da interpretação visual das

imagens, e posterior trabalho de campo. Para o ano de 2018 foram criadas 252 pontos.

Por intermédio dos pontos determinados, foram gerados arquivos de extensão GSG, que continham a classificação da assinatura espectral do ponto amostrado. O comando no software se deu por: ArcToolBox ⇒ *Spatial Analyst Tools* ⇒ *Multivariate* ⇒ *Create Signatures*.

Figura 4 - Criação das assinaturas espectrais das classes catalogadas

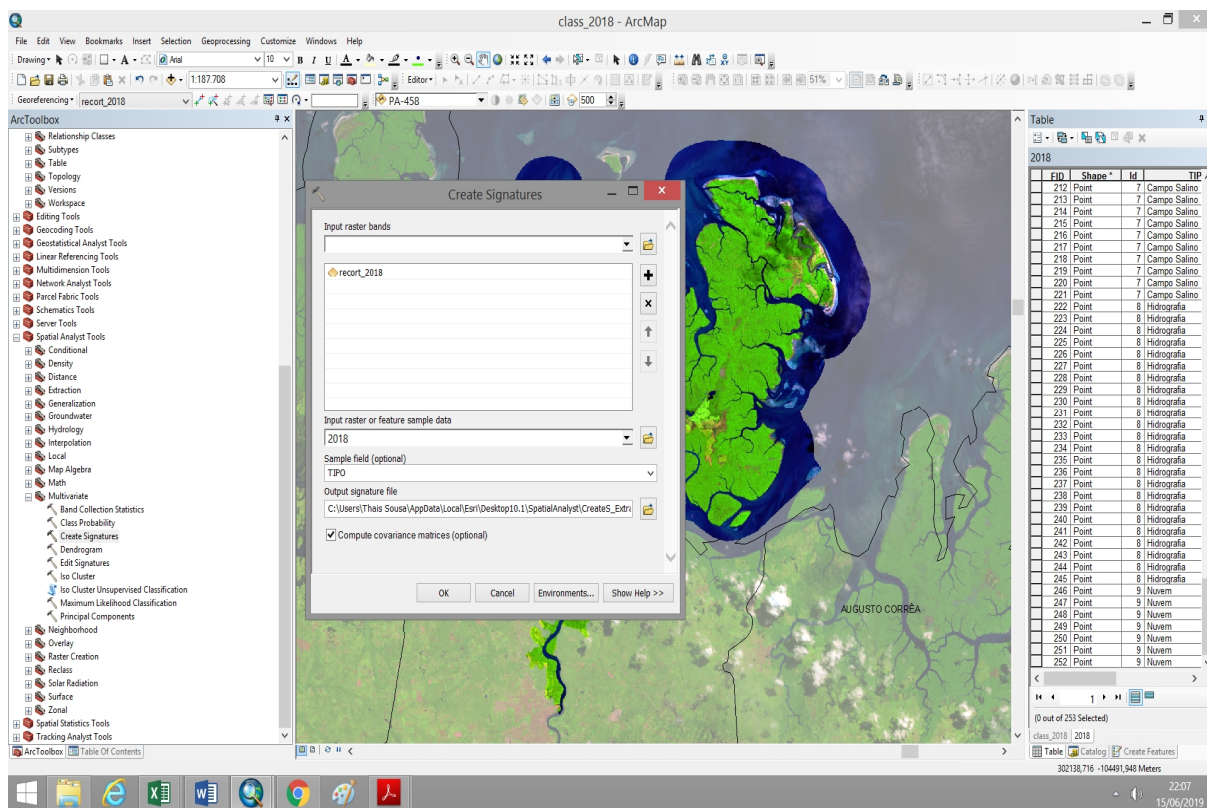


Fonte: O autor (2019)

O algoritmo de máxima verossimilhança atua na categorização pixel a pixel mais comum, que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, a partir de parâmetros estatísticos. Em virtude disto, quanto mais pixels classificados, melhor o resultado, pois abrange o valor de precisão em relação aos pixels não classificados.

O raster resultante da varredura dos pixels das imagens recortadas pela área de estudo, gerado pelo software tomou como base a assinatura dos pontos coletados no passo anterior, estes foram implementados por meio das ferramentas: *Spatial Analyst Tools* ⇒ *Multivariate* ⇒ *maximum likelihood classification*.

Figura 5 - Aplicação do algoritmo de máxima verossimilhança através do ArcMap 10.1

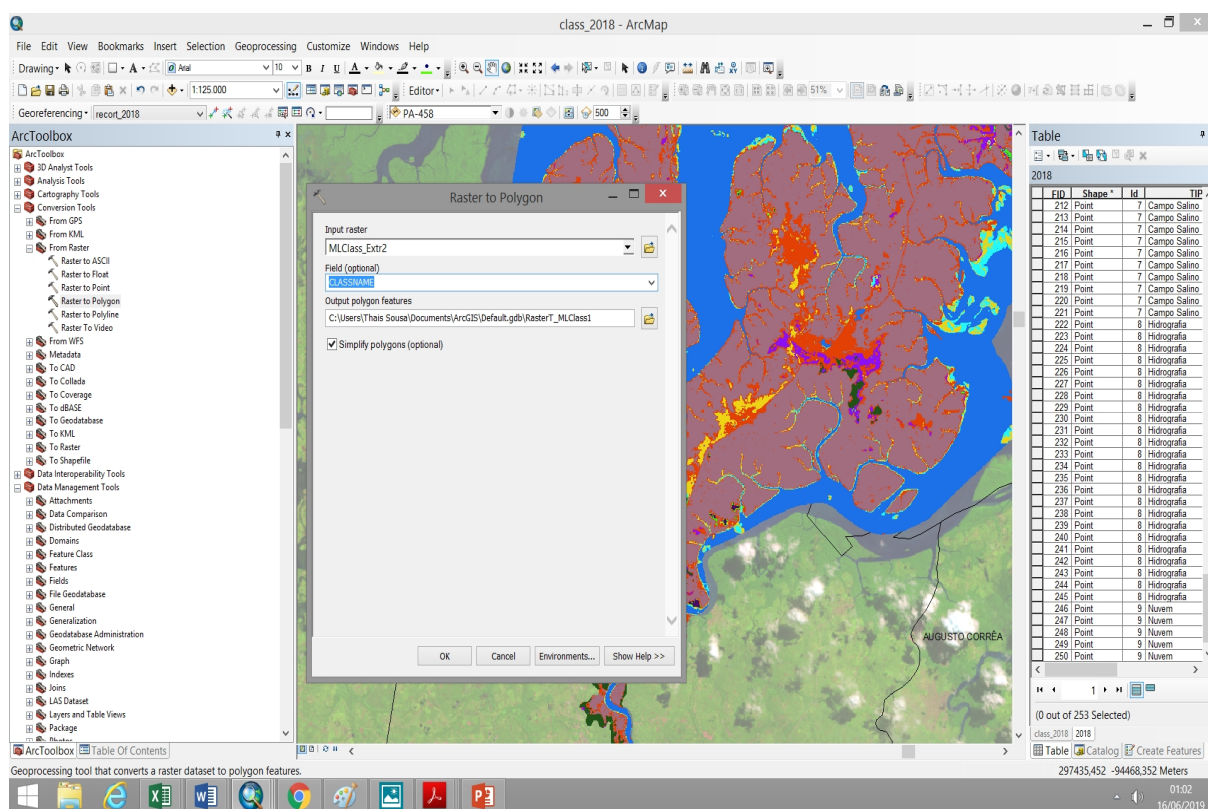


Fonte: O autor (2019)

O processo de classificação supervisionada deve partir do princípio que o autor desta cartografia conhece a dinâmica da área de estudo, e portanto seja capaz de realizar pequenas correções necessárias, para tal se faz necessário uma conversão do formato matricial, em formato vetorial, pois além desde último ser facilmente manipulável, contribuindo para as correções, também abre a possibilidade de quantificações das áreas encontradas para cada classe.

Os passos para a conversão vetorial da classificação supervisionada consistem em: *ArcToolBox* ⇒ *Conversion Tools* ⇒ *From Raster* ⇒ *Raster to polygon*.

Figura 6 - Conversão de raster a polígono



Fonte: O autor (2019)

Em resultado foram produzidos mapeamentos de uso e ocupação do solo dos anos de 1985 e 2018, encontradas as áreas de: Hidrografia, planície arenosa, praia-duna, vegetação de manguezal conservado, chênier, campo salino, vegetação de manguezal degradado, povoado, e vegetação de tabuleiro.

4.3 SIMULAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO PARA O ANO DE 2025 POR MEIO DA EXTENSÃO MOLUSCE

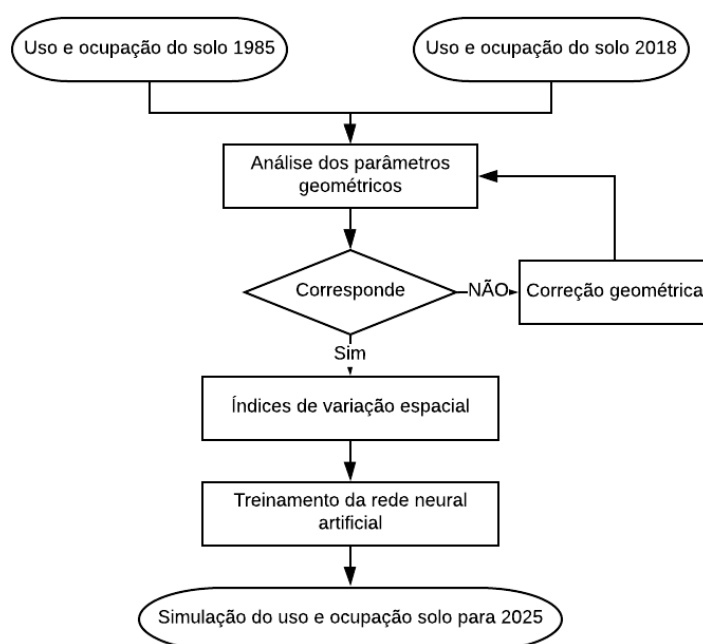
Para a realização da simulação do uso e cobertura do solo para ano de 2025 foram utilizados 3, dos 6 módulos da extensão MOLUSCE, hospedada no software QGIS. O MOLUSCE foi criado com a intenção de analisar, modelar e simular mudanças de uso e ocupação da terra.

As etapas necessárias para esta simulação estão descritas no fluxograma 2, e consistem em: Entrada dos rasters de análise (que para este estudo consistem em uso e ocupação do solo) de diferentes anos, que caracterizem uma linha temporal; análise dos parâmetros geométricos, que validam a leitura espacial, podendo assim

40 determinar tendências por meio de potenciais variações; determinação do número inicial de amostras para o treinamento da rede neural automática; e por fim, a geração da simulação espacial de um evento futuro.

A ferramenta MOLUSCE, ainda possui módulos de validação das informações produzidas, no entanto, estas só se aplicam a simulações realizadas para anos em que se possa haver uma comparação. Este módulo é fundamentalmente desenvolvido para atestar a eficácia desta ferramenta.

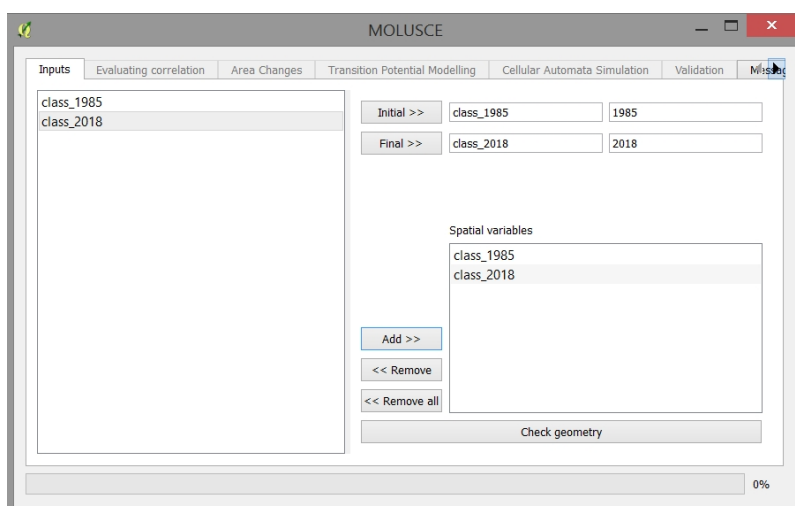
Fluxograma 2 – Simulação de uso o ocupação do solo para 2025



Fonte: A autora (2019)

Se utilizando dos rasters de 1985 e 2018 de uso e ocupação gerados pelo passo anterior, são importados para o software Qgis 2.14.19, é aberta a extensão MOLUSCE, que em sua interface nos solicita para sua análise um raster inicial, e um raster final. Este procedimento é necessário para verificação da geometria, e também da distribuição de classes por raster.

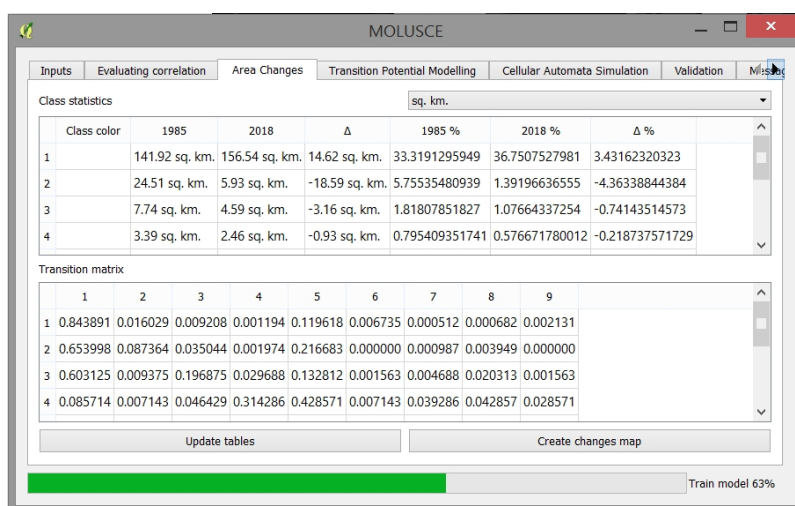
Figura 7 - Verificação dos parâmetros geométricos dos rasters utilizados



Fonte: A autora (2019)

O passo seguinte consiste na quantificação das áreas, e da variação que elas sofrem ao longo do período de análise. Este é realizado ao acionarmos a opção update tables, que resultarão na tabela com as áreas de cada feição e sua porcentagem de variação ao longo do tempo, podendo ser possível exportar suas informações para o excel. Nesta módulo ainda é possível gerar um produto matricial de transição, que mapeia as mudanças ocorridas entre os intervalos de tempo das duas imagens.

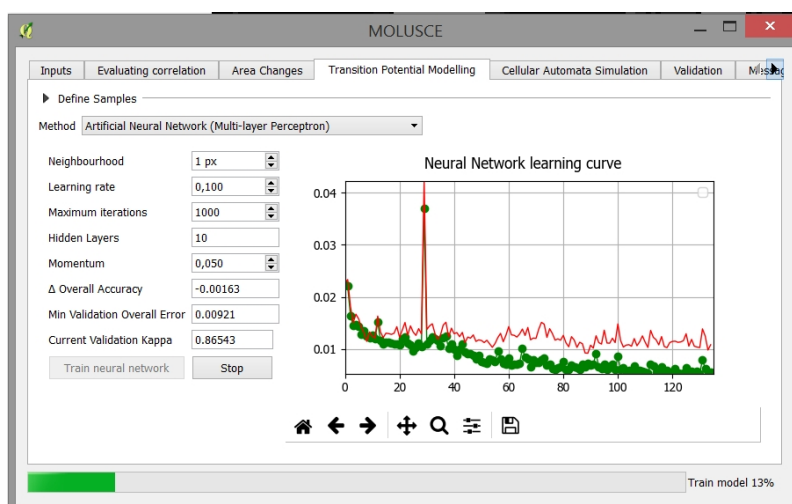
Figura 8 - Análise de mudança de áreas pela extensão MOLUSCE



Fonte: A autora (2019)

O próximo passo é a definição do modelo de treinamento de rede neural, por meio da aba *Transposition potential modeling*, para esta monografia foi utilizado nesta monografia é o *Artificial Neural Network (ANN)*, este é usado para estimar ou aproximar funções que podem depender de um grande número de entradas e são geralmente desconhecidas. (CHEN, 2016).

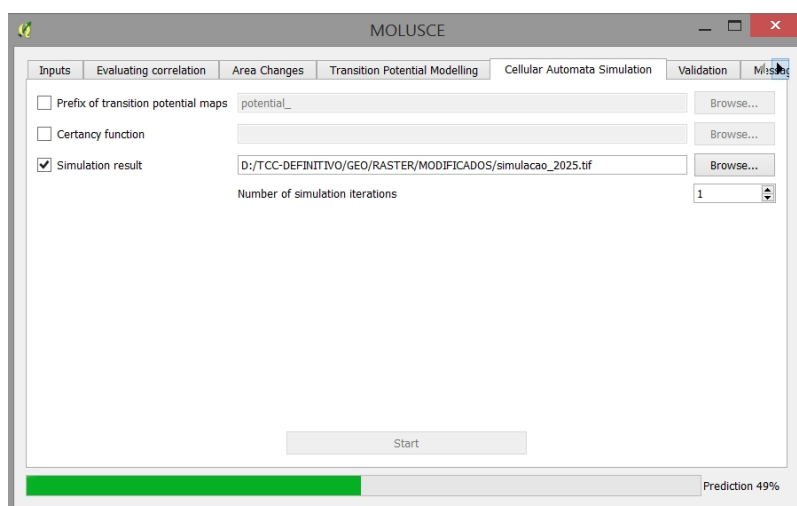
Figura 9 - Modelada através de Artificial Neural Network (ANN)



Fonte: A autora

A etapa seguinte é a compilação dos resultados gerados até o momento, nesta será construída a matriz de origem que resultará no mapa de simulação do uso e ocupação do solo para o ano de 2025. Na aba *Cellular automata simulation* são possíveis 3 produtos de saída: Mapa de potencial de transição, as estatísticas de calibração, e o mapa de simulação.

Figura 10 - Cellular automata simulation



Fonte: A autora (2019)

Em resultado a todas estas etapas foi produzido uma simulação para o ano de 2025 de uso e cobertura do solo, utilizando-se das classes mapeadas anteriormente, foram necessárias reclassificações e conversões de formato de raster para shapefile, seguindo os passos já abordados neste capítulo de metodologia.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Bragança é um município localizado ao nordeste do Estado do Pará, distante 251 km da capital, Belém. O Município no senso de 2010 do IBGE possuía 126.436 habitantes, com uma área total de 2091,930 km², densidade populacional de 54,13 habitantes por km². O acesso a esse município pode ser feito através da via fluvial, nos rios Caeté, Taperaçú, e Maniteua, e por via terrestre, através da BR-316 e PA-242. Sua economia é baseada na produção pesqueira.

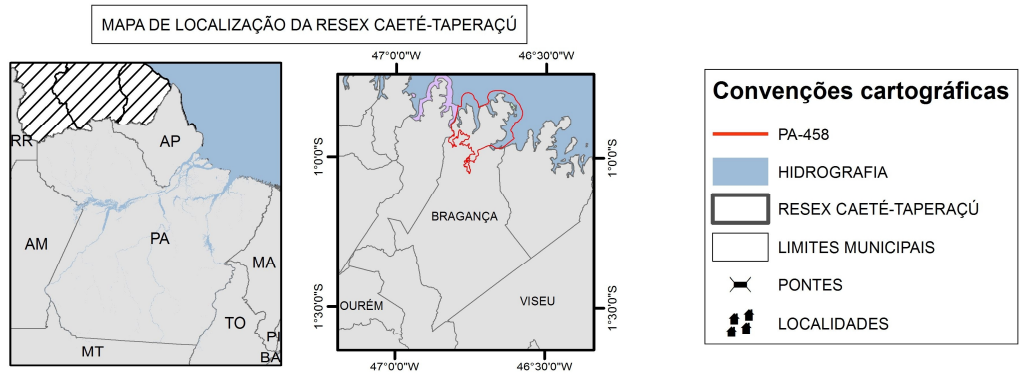
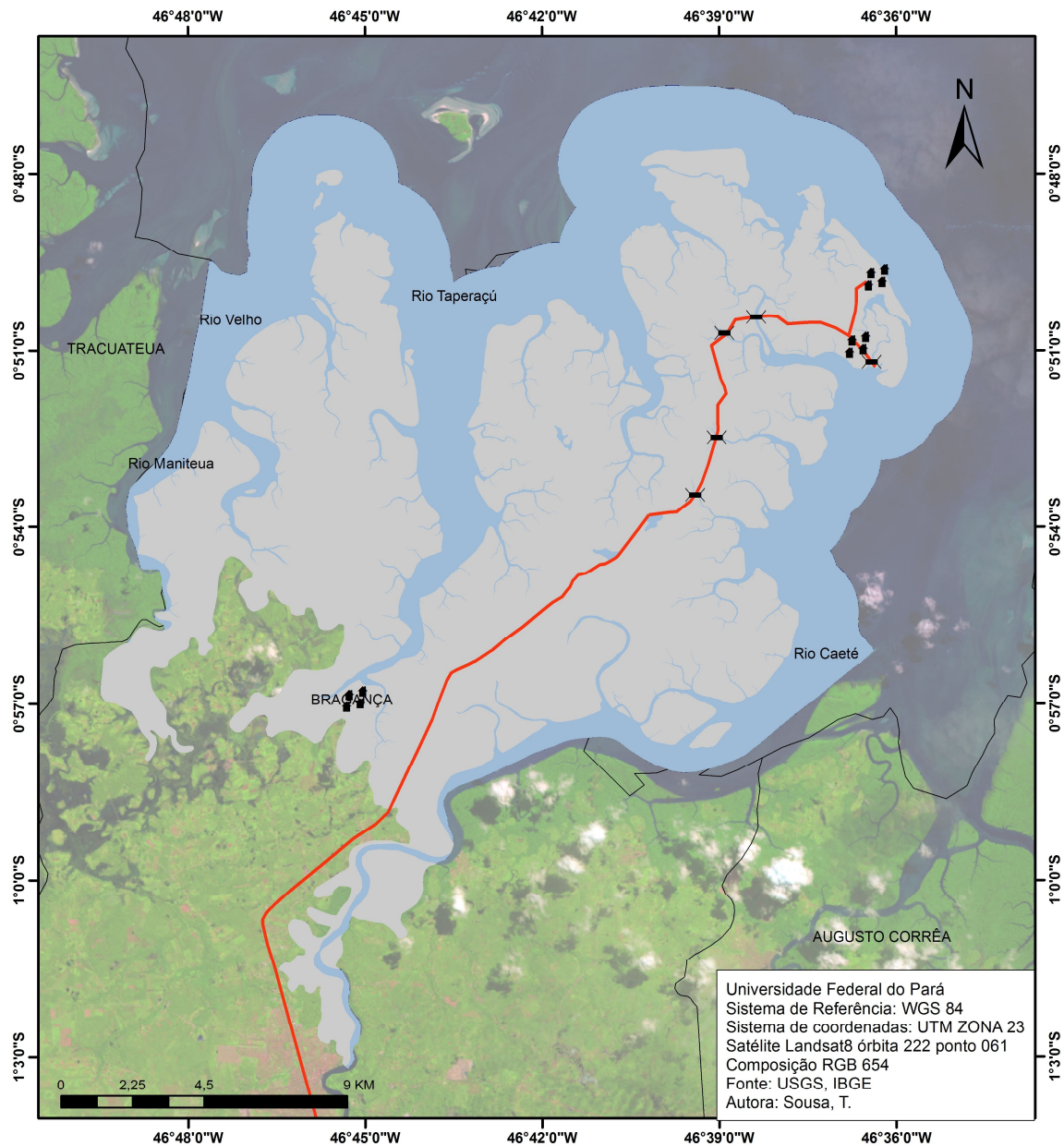
A planície costeira bragantina, situada no nordeste do Estado do Pará, abrange a faixa costeira do município de Bragança, região que se estende da Ponta do Maiaú até a foz do rio Caeté, perfazendo uma área de aproximadamente 1.570 km² (SOUZA FILHO, 1995).

Inserido neste município a RESEX tem uma área de 427,4 km² correspondente a 20% do território municipal. A RESEX foi criada através do decreto S/N de 20/05/2005. Sendo margeada pelo oceano Atlântico, rios Taperaçú e Caeté, e vários canais de maré, compondo-se de um espaço rico em manguezais, ecossistema ideal para reprodução de peixes e frutos do mar, dos quais os habitantes do litoral bragantino tem como principal atividade econômica a extração e comércio desses recursos naturais (CONTENTE, 2013).

Até o início da década de 1980, esta praia encontrava-se praticamente inabitada, e apenas frequentada por pescadores que ali trabalhavam e por alguns visitantes que se arriscavam a conhecer o local por via marítima (CARVALHO, 2000). A construção da rodovia estadual PA-458 (com 36 km de extensão, dos quais 20 km cruzam áreas de manguezais), entre a cidade de Bragança e a praia de Ajuruteua, foi concluída em 1983, fato que facilitou/possibilitou a expansão urbana e incentivou o início do turismo na região.

Idealizada desde a década de 90, a RESEX abrange exclusivamente áreas costeiro-estuarinas e manguezais, incluindo as formações que ocorrem dentro deste bioma, como apicuns, campos salinos, restingas, dunas, praias e ilhas costeiras. (ICMbio,2012).

Mapa 1 - Localização da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú



Fonte: A autora (2019)

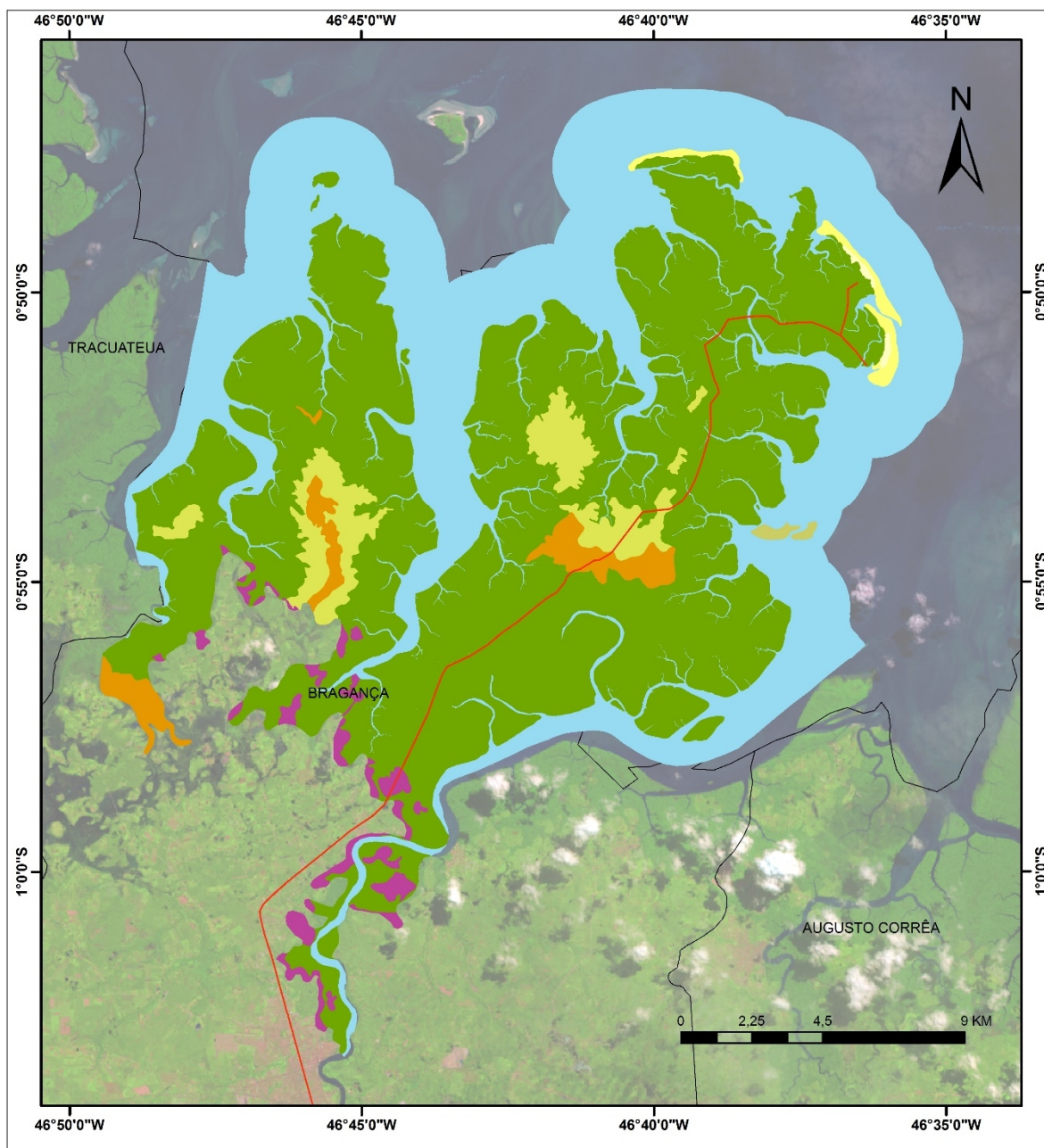
5.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A região que integra a Bacia Bragança-Viseu apresenta uma fossa tectônica delimitada por falhas normais em direção a NW-SE, de embasamento pré-cambriano formado por mosaico de blocos cratônicos, sedimentos cambroordovicianos, e sequência Piriá-Camiranga. O Mesozóico é representado pela formação Codó-Grajaú, Itapecuru inferior e Itapecuru superior, Terciário apresenta formação Pirabas e Barreiras, e o Quaternário é formado por sedimentos argilo-arenosos do grupo Pós-Barreiras (Souza Filho & El-Robrini, 2016).

A Região Bragantina, em sua litologia é formada basicamente por sedimentos relativos a aluviões atuais e terraços mais antigos do Holoceno, circundada por sedimentos argilosos e arenosos podendo incluir níveis carbonosos do Terciário, seqüências metamórficas de origem sedimentar de médio a baixo grau metamórfico e também, por rochas gnáissicas de origem magmática e/ou sedimentar de médio grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante o tectonismo (IBGE, 1979).

Quanto a domínios morfosedimentares e suas subambientes presentes na área de estudo (Figura-2), Souza-Filho & El-Robrini classificam por Planície Estuarina, que é formada por canais estuarinos, córregos de maré, e planície de inundação. A sul se encontra a Planície aluvial, dominada por canal meandrante, planície de inundação e diques marginais. Seguida pela planície Costeira que abrange pântano salino, sendo estes interno e externo; manguezal de intermaré e de supramaré, planície arenosa. E no limite sul da Resex o domínio presente é do planalto costeiro, de baixo relevo, apresenta brusca mudança de vegetação e litologia.

Mapa 2 - Geomorfologia de RESEX Marinha Caeté-Taperaçú



GEOMORFOLOGIA DA RESEX CAETÉ-TAPERAÇÚ

LEGENDA

	PA-458		Planície Arenosa
	HIDROGRAFIA		Planície fluvio-marinha de intermaré
	LIMITES MUNICIPAIS		Planície fluvio-marinha de supramaré
NOME			Pântano Salino Externo
	Crista de Praia		Tabuleiro Costeiro
	Dunas Costeiras		



Universidade Federal do Pará
 Sistema de Referência: WGS 84
 Sistema de coordenadas: UTM ZONA 23
 Satélite Landsat8 órbita 222 ponto 061
 Composição RGB 654
 Fonte: USGS, IBGE
 Autora: Sousa, T.
 Elaborado em 06/2019

Fonte: Adaptado de Souza-Filho & Parradela (2002)

5.2 HIDROGRAFIA E CLIMA

O clima da região é predominantemente quente e úmido, onde segundo a classificação de Köpper é do tipo AM, mais especificamente AMW, onde o período seco, também chamado como verão amazônico, coincide com o segundo semestre do ano. A temperatura do ar local variar ao longo do ano, com máximo, média e mínimo valores de 31°C, 26°C e 21°C, respectivamente. Vento médio velocidade na estação chuvosa é de 2,8 ms, subindo para 4,0 ms no estação seca. A precipitação anual é superior a 2000 mm. O chuvoso temporada dura de janeiro a junho, e a estação seca, a partir de julho dezembro (TRINDADE; PEREIRA; VILA-CONCEJO, 2016).

Em relação a hidrografia, está repleta de rios e furos, onde segundo o IBGE (2009) aponta a presença em sua carta planimétrica de quatro principais, Rio Maniteua, Rio Velho, Rio Taperaçú, e Rio Caeté, sendo este último o principal acesso por vias fluviais ao centro urbano de Bragança.

De acordo com Souza-Filho e El-Robrini (2010) as condições hidrodinâmicas são caracterizadas por macromarés semidiurnas, que durante o período de sizígia chegam a alcançar a amplitude de 6 metros. As principais correntes que atuam no litoral paraense são as correntes de maré e, secundariamente, as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas na costa que são responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental para o litoral (CAMARGO, 2016).

5.3 SOLOS

Grande parte dos solos do Estado do Pará, aproximadamente 75% (setenta e cinco por cento) são Latossolos e Podzólicos distróficos caracterizados por altos níveis de acidez e baixa fertilidade. Os solos do tipo Podzólicos Eutróficos e Cambissolos, férteis e com boa drenagem são encontrados em 6% (seis por cento) das terras do estado (SOUZA, 2005).

De acordo com os dados cedidos pelo IBGE, vetorizados a partir do projeto RADAMBRASIL, a pedologia existente na região consiste em Plindossolo Argilúvico

Distrófico, Gleissolo Tiomórfico Órtico, Latossolo Amarelo Distrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico, Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, conforme a imagem x abaixo:

FTd - Plindossolo Argilúvico Distrófico Embrapa 2006, define esta como uma classe de solo constituída por material mineral, apresentando horizonte plíntico, litoplíntico ou Concrecionário, todas provenientes da segregação de localizada de ferro, que atua como agente de cimentação. Tipicamente encontrado em zonas quentes e úmidas, tem ocorrência relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suavemente ondulado e, menos frequentemente, ondulado, em zonas geomórficas de baixada.

GJo - Gleissolo Tiomórfico Órtico Jacomine (2009), indica como solos com horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos, dentro de 100 cm a partir da superfície. Apresentam-se em baixadas litorâneas com pH muito baixo, sob influência de oscilações de maré, distribuem-se nas regiões costeiras e áreas várzeas e planícies aluvionais, mal ou muito mal drenadas (Embrapa, 2006).

LAd - Latossolo Amarelo Distrófico, no manual de pedologia do IBGE descreve que latossolos amarelos são profundos, de coloração amarelada, perfis muito homogêneos, com boa drenagem e baixa fertilidade natural em sua maioria. Ocupam grandes extensões de terras no Baixo e Médio Amazonas e Zonas Úmidas Costeiras (tabuleiros). Jacomine (2009), complementa que são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo.

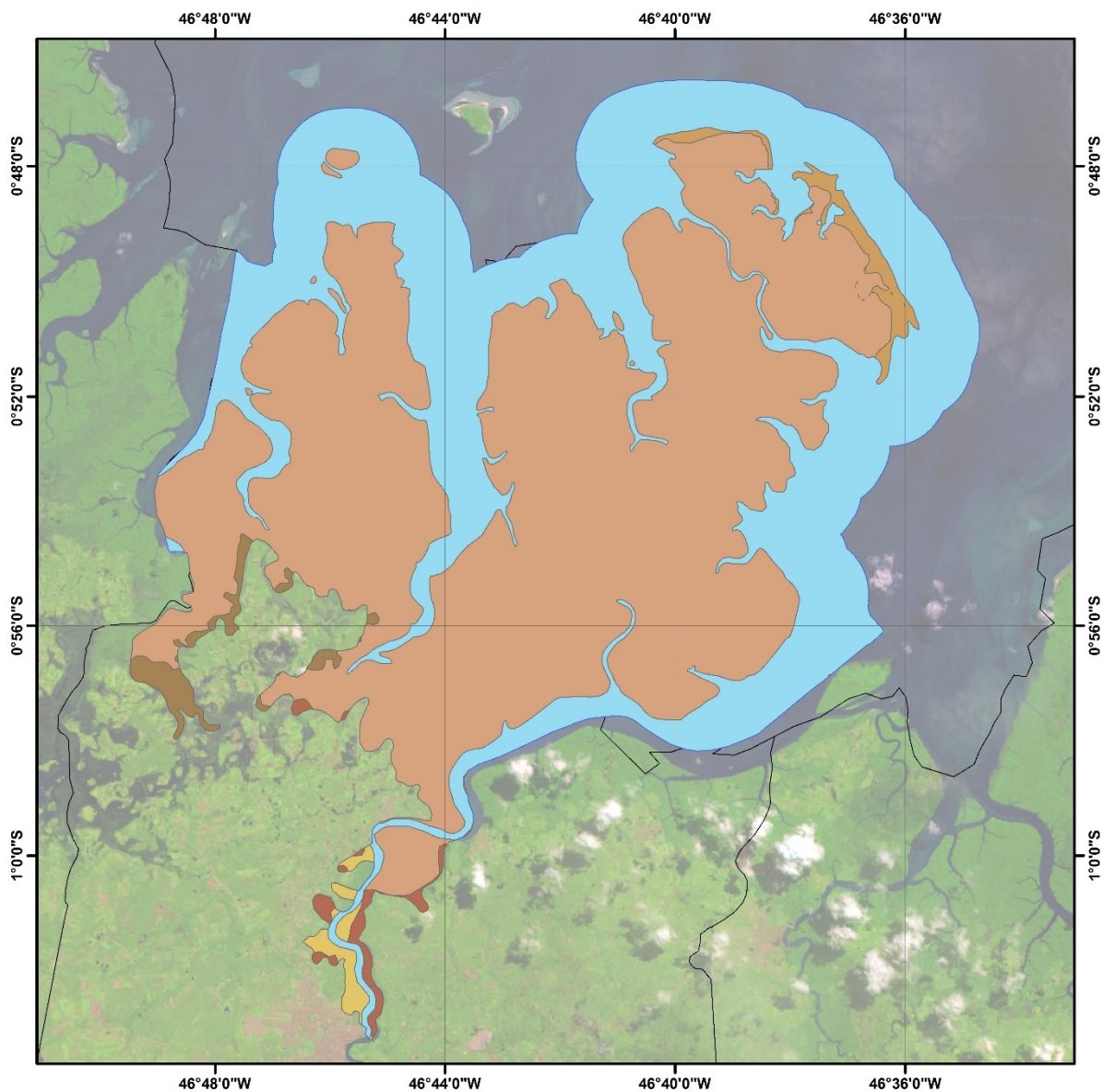
RQo - Neossolo Quartzarênico Órtico Jacomine (2009) menciona que o Neossolos são constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos. EMBRAPA (2006) complementa que esta classe de solo ocorre em relevo plano ou suave ondulado, apresenta textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada, que é ligeiramente escuro. Considerando-se o relevo de ocorrência, o processo erosivo não é alto, porém, deve-se precaver com a erosão devido à textura ser essencialmente arenosa.

GXve - Gleissolos Hápticos Ta Eutróficos são solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento (margens de rios, ilhas, grandes planícies, etc.). Apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50cm da

superfície (IBGE, 2007). Solos com argila de atividade alta e saturação por bases alta (EMBRAPA, 2006).

Levando em consideração os dados apresentados pode-se afirmar que região da RESEX predomina o solo do tipo Gleissolo Tiomórfico órtico muito argiloso típico de manguezal, apresentando também porções de área quartzosa e areia quartzosa marinha típica de praia e dunas. De relevo plano e quase que a totalidade da área da RESEX é marcada por zonas consideradas de preservação influenciadas por inundação e salinidade.

Mapa 3 - Pedologia da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú



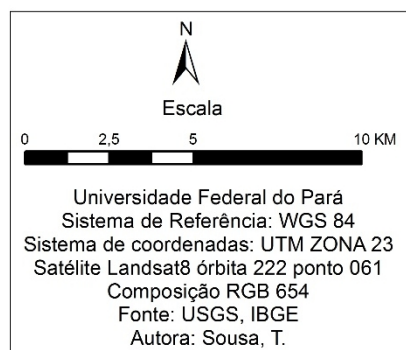
PEDOLOGIA DA RESEX CAETÉ-TAPERAÇÚ

Convenções Cartográficas

- HIDROGRAFIA
- LIMITES MUNICIPAIS

LEGENDA

- FTd - Plintossolo Argilúvico Distrófico
- GJo - Gleissolo Tiomórfico Órtico
- GXve - Gleissolo Háplico Ta Eutrófico
- LAd - Latossolo Amarelo Distrófico
- RQo - Neossolo Quartzarênico Órtico



Fonte: A autora (2019)

5.4 VEGETAÇÃO DA RESEX MARINHA CAETÉ-TAPERACÚ

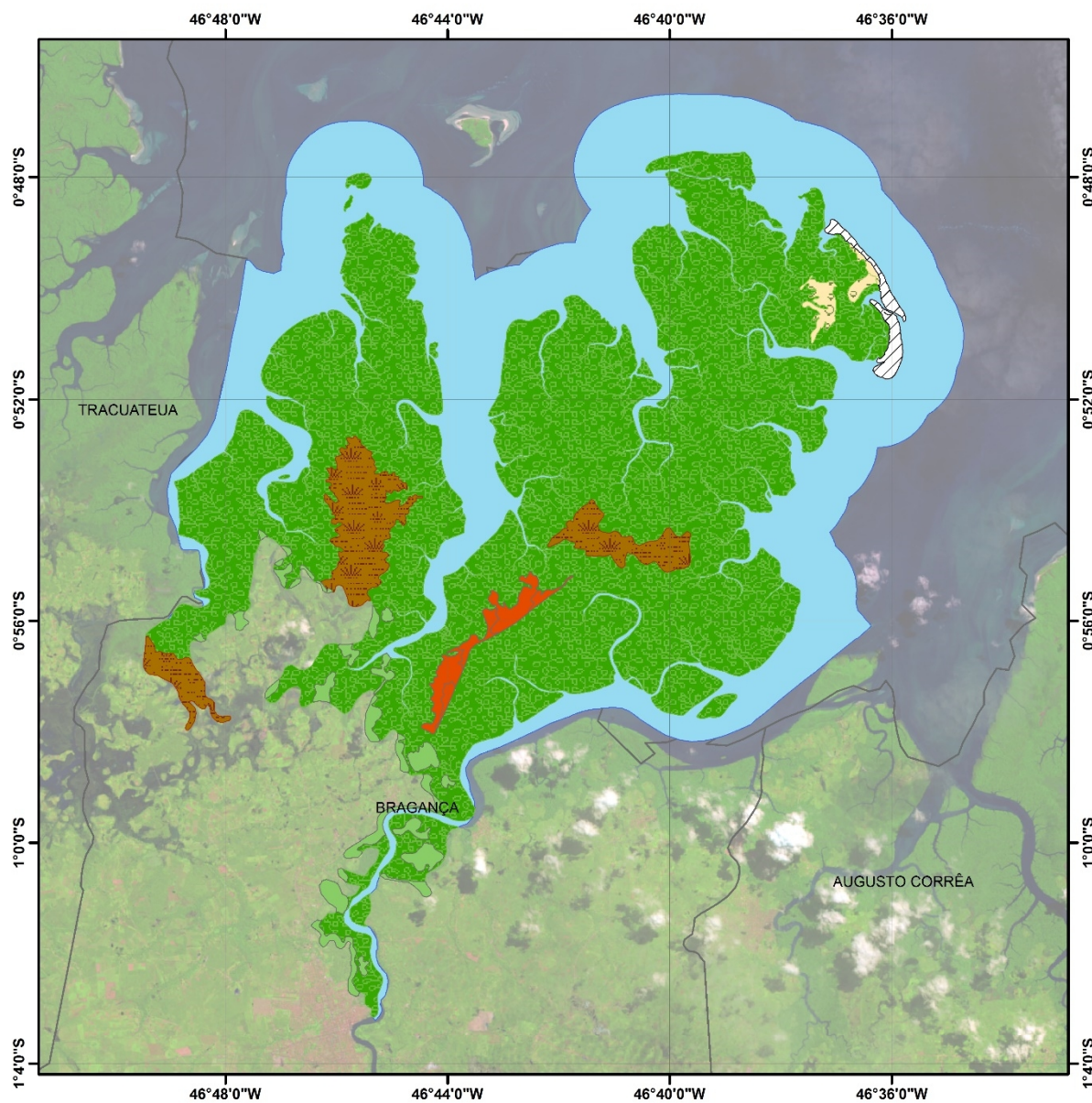
Para a geração da figura-4 (Mapa de vegetação da RESEX Caeté-Taperaçú) foi utilizada a base cartográfica elaborada por Souza-Filho e El-Robrini, que classificou a vegetação em cinco classes, sendo estas Campo arbustivo, Manguezal, campo herbáceo, Manguezal degradado, e vegetação secundária.

Os campos arbustivos, também chamado de restinga; da RESEX Caeté-Taperaçú vegetam as áreas de chênier e campos de dunas, ocorrerem em terreno mais elevado, onde estão fora do alcance das marés. Esta vegetação foi descrita por Behling et al. (2001) como “floresta de solo arenoso com elementos de vegetação de restinga e floresta de terra firme amazônica” (Carneiro et. al, 2010). Souza-Filho e El-Robrini indicam as espécies *Chrysobalanus icaco* L. (ajuru); *Anacardium occidentale* L. (caju) e *Byrsonma crassifolia* H.B.K. (muruci), com *gramineae* e *cyperaceae*, como presentes nesta unidade.

Campos Herbáceos colonizam os campos inundáveis, ou também conhecidos como campos salinos (SOUZA-FILHO; EL-ROBRINI, 2010). Apresenta um porte rasteiro, de grande tolerância a salinidade, de baixa riqueza específica tendo representantes significativos nas famílias *Cyperaceae*, *Poaceae*, entre outras.

A vegetação de tabuleiro tem porte arbóreo, de completude superior a 5 metros, onde segundo Abraão (2006) é constituída por espécies de porte elevado, identificadas como árvores com composição dossel de, pelo menos, 40 % de cobertura vegetal, complementada por arvoretas, arbustos e subarbusto, além do estrato herbáceo. Segundo Rocha e Silva (2005) as espécies de maior frequência são *Astrocaryum gynacanthum*, *Maximiliana maripa*, e *Bactris tomentosa*.

Mapa 4 - Vegetação da RESEX Caeté-Taperaçú

**Convenções cartográficas**

- RESEX CAETÉ-TAPERAÇÚ
- LIMITES MUNICIPAIS

LEGENDA

- Campo Herbáceo
- Campo arbustivo
- Feição sem vegetação
- Manguezal
- Manguezal degradado
- Vegetação secundária

MAPA DE VEGETAÇÃO DA RESEX CAETÉ-TAPERAÇÚ

0 1,25 2,5 5 7,5 10 KM

Universidade Federal do Pará
 Sistema de Referência: WGS 84
 Sistema de coordenadas: UTM ZONA 23
 Satélite Landsat8 órbita 222 ponto 061
 Composição RGB 654
 Fonte: USGS, IBGE
 Autora: Sousa, T.
 Elaborado em 06/2019

Fonte: A autora (2019)

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 UNIDADES DE PAISAGEM DA RESEX MARINHA CAETÉ-TAPERAÇÚ

As unidades de paisagem da RESEX Caeté-Taperaçú foram classificadas a partir de uma certa homogeneidade de fatores geomorfológicos, pedológicos e vegetacionais, e sua exploração antrópica, respeitando a ordem taxonômica sugerida por Bertrand (2004), foram elaboradas as delimitações de oito unidades de paisagem, sendo estas:

1 UP - **Geossistema de bancos de areia**

Para Souza-Filho e El-Robrini (2010) são extensas áreas planas, recortadas por canais de maré, que durante a baixa-mar tem suas barras e ondulações expostas. Suas estruturas são retrabalhadas principalmente, pela força de ação das correntes de marés. Onde seus são submetidos ao processo de ressuspensão, resultando na filtragem de areias quartzosas finas, de coloração cinza claro, seguem à deriva litorânea, onde na RESEX Marinha Caeté-Taperaçú segue uma orientação de NW para SE (MUEHE, 2006).

Sobre bancos de areia são desenvolvidas práticas de cunho econômico, como a pesca através de currais como mostrada na fotografia 1. Onde são instalas varas, por uma extensão que varia de 70-100 m, que atuam como cercado onde na baixa-mar são aprisionados os peixes em seu interior. Segundo ICMBIO (2012) até a última contagem dessas armadilhas de pesca indicam a presença de 125 desses currais instalados na área da RESEX e seu entorno.

Este tipo de prática tradicional da região, é também princípio para conflitos internos, pois é comum o choque dessas estruturas com pequenas embarcações pesqueiras, que levam a prejuízos econômicos, além de acarretarem disputas internas pelo uso deste espaço entre a comunidade local.

Fotografia 1 - Curral de pesca realizada sobre bancos arenosos



Fonte: A autora (2017)

2 UP - **Geossistema de praias e dunas de vegetação arbustiva**

As praias consistem em cordões arenosos lineares, que migram em direção ao continente sobre os depósitos de manguezais, constituindo uma costa retrogradacional, é constituída pós-Praia: limitada em direção ao mar pelo nível de maré alta (escarpa de praia) e, em direção ao continente, por dunas costeiras. Apresenta cerca de 200 m de extensão. É representada por uma superfície aproximadamente horizontal, sobre a qual desenvolvem-se pequenas dunas. E zona de estirâncio, onde representa a face de praia propriamente dita e está limitado pelos níveis de maré alta e baixa, correspondendo a zona de intermaré. Constitui uma zona levemente inclinada em direção ao mar ($2-3^\circ$), extensão aproximada em 700 m, onde observa-se um sistema de cristas e calhas, dispostos paralelamente a linha de costa e interligados por canaletas (SOUZA-FILHO; EL-ROBRINI, 2010).

Já as dunas são limitadas a sul por manguezais de intermaré e a norte pela planície arenosa, perfazendo uma área de 6.4 km². Os cordões de dunas mais frequentes são formados por dunas fixadas por campos arbustivos, que constituem cristas paralelas à linha de costa, produzidas pela estabilização de dunas longitudinais e piramidais. Tais dunas encontravam-se acima do nível de maré alta média, mas atualmente estão sendo erodidas por ondas e correntes de marés e/ou dissipadas, constituindo falésias ao longo da linha de costa (SOUZA-FILHO; EL-ROBRINI, 2010).

Um destes cordões é localizada a praia de Ajuruteua, inserida dentro da poligonal de exclusão da RESEX Caeté-Taperaçú, é fonte de atividades importantes para a economia local, em decorrência do desenvolvimento potencial turístico que oferece diversas opções de lazer e serviços para os banhistas da praia

Fotografia 2 - Efeitos da erosão costeira na infraestrutura urbana em Ajuruteua



Fonte: A autora (2016)

3 UP - **Geossistema de planície flúvio-marinha de vegetação conservada**

São áreas planas resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha, sujeita a inundações periódicas. Souza-Filho e El-Robrini (2010) conceituam como planícies lamosas de até 20 km de largura, situadas entre os níveis da maré alta de sizígia e a média das marés, ocupando uma área considerável da Resex Marinha Caeté-Taperaçú, pertencem a zona de intermaré, área topograficamente mais baixa, de sedimentação lamosa bioturbada, possui coloração amarelo escura sobre a superfície, compartimentada mais ao interior da planície a estrutura lamosa passa a possuir uma coloração cinza clara, vegetada por espécies de porte arbóreo como a *Ryzophora L.* e *Avicenia L.*, além de *Laguncularia L.* e *Spartina L.* associados.

Fotografia 3 - Vegetação de manguezal conservado sobre planície fluvio-marinha



Fonte: A autora (2017)

Para Camargo (2016) os principais fatores que determinam o estabelecimento das áreas de manguezal são o clima, que é vegetado por espécies tropicais, não tolerantes a baixas temperaturas, outro fator climatológico que influencia diretamente no seu desenvolvimento é a precipitação, que em abundância representa um fator positivo ao desenvolvimento da vegetação;

A salinidade não é um fator determinante para o crescimento da vegetação do manguezal já que estas podem sobreviver a ambientes de água doce, no entanto, a salinidade trabalha como agente protetor, eliminando a concorrência com o a outras espécies que não estão adaptadas ao ambiente salino.

Sedimentos e energia das ondas Manguezais crescem melhor em um ambiente de deposição com baixa energia de onda de acordo com Fontes (2015). Ondas altas impedem estabelecimento de propágulos, expõem o sistema de raízes rasas, e evita o acúmulo de sedimentos finos. Os sedimentos do manguezal, predominantemente lamosos (silte e argila) armazenam mais carbono do que qualquer outra floresta do planeta.

A influência de maré parte do mesmo princípio ao regular a salinidade e comutação entre a entrada de sedimentos, nutrientes e água limpa para o ambiente, e a saída do carbono orgânico. Pode-se observar a influência das marés sobre o manguezal através do porte da vegetação, árvores mais próximas ao continente,

que estão sujeitos a maiores flutuações da maré, são, obviamente, maiores e mais produtivas do que as árvores no interior.

Leão (2018) ressalta o que além do fator ambiental, o manguezal que compõe a RESEX, tem importância socioeconômica significativa, tendo em vista que as famílias beneficiárias dependem da pesca do caranguejo-uçá *Ucides Cordatus* e de diversas espécies de pescado que fazem parte do ambiente, para sua sobrevivência.

4 UP - **Geossistema de planície de chênier com vegetação arbustiva**

Para Fontes (2007) são planícies constituídas por uma sucessão de cristas praias arenosas separadas entre si por sedimentos argilosos e orgânicos, o desenvolvimento desse tipo de planície é característico de litoral que recebe grande suprimento de lama e pouca areia e que é submetido a fases erosivas periódicas associadas

Para Souza-Filho e El-Robrini (2010) as planícies de chênier presentes na RESEX Marinha Caeté Taperaçú se dividem em duas formas, marcados por processos evolutivos distintos, podemos diferencia-los através de suas formas.

As áreas de planície de chênier com formatos lineares, estão associados a formações de flexas arenosas, que se originaram a partir do transporte de sedimentos quartozos pela maré, e pelos canais de maré que recortam a planície aluvial, geralmente sua morfologia é relacionada a antigas baías, mostrando que são acreacionários, resultantes de processos erosivos.

Em contrapartida as áreas com formas irregulares estão relacionadas ao retrabalhamento causado pela deposição de sedimentos pela força das ondas, e pelas forças eólicas, formando assim por feições dunares inseridos na região interior a planície fluviomarinha (SOUZA-FILHO; EL-ROBRINI, 2010).

A feição mais significativa desta planície se encontra na ilha de Buiuçucanga, próximo à Vila Bonifácio, onde podemos observar que existe uma diferenciação quanto ao porte da vegetação ali presente, na faixa de transição entre essas duas unidades pode-se observar espécies herbáceas como *Sporobulus virginicus*; e arbóreas, características da unidade de mangue como *Conorcapus erectus*.

No entanto a fitofisionomia mais expressiva é a Vegetação Arbustivo-Árborea de Dunas, com presença comum da palmeira *Astrocaryum G. Mey*, variando a ocorrência de espécies que ocorrem em pontos mais expostos das dunas, daquelas

encontradas nos pontos mais baixos das dunas (ICMBIO, 2012). Além de espécies frutíferas como *Byrsonima crassifolia* (mucuri), e *Anacardium occidentale*.

Em consequência a todas estas características a planície de chênier culmina por ser uma área utilizada para pastoreio, retirada de madeira para carvão e curral e também para a coleta de frutas. Sendo uma área de pastoreio sofre queimadas ocasionais nos campos durante a estação seca na região (julho à dezembro), agregando valor socio-econômico para as comunidades que circundam o seu perímetro.

5 UP - Geossistema da Planície flúvio-marinha com vegetação dispersa

Possui características semelhantes a 3-UP, sendo também resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha; repousam sobre depósitos lamosos constituídos argila, intercalados por sedimentos arenosos, caracterizando acamamento lenticular simples. Se diferencia da 3-UP ao ser desenvolvida sobre uma planície fluvio-marinha de supramaré, que a diferencia por sua cota altimétrica superior induz períodos e frequências diferenciadas de inundação, acarretando assim uma diferença na vegetação, que se apresenta como arbórea de menor porte (SOUZA-FILHO; EL-ROBRINI, 2010).

6 UP - Formações herbáceas sobre terraços pantanosos

Segundo Camargo (2016) topografia dos campos salgados da Península de Bragança encontra-se acima de 3,6 m acima do nível médio do mar, enquanto que a amplitude de maré é de 4m, permitindo grandes variações da salinidade entre a estação seca e a chuvosa, além de diferenciação da vegetação baseada na tolerância ao sal (bosques de mangue adjacentes, gramíneas e *Avicennia*). Dentro de uma faixa de variação topográfica de 20 cm, esses pântanos apresentam importantes mudanças com árvores de *Avicennia* nas partes mais baixas para *Sesuvium* em zonas mais elevadas.

Fotografia 4 - Campos salinos



Fonte: O autor (2016)

7 UP - Geossistema de Planície fluvio-marinha de vegetação degradada

Este compartimento pertencia ao geossistema de planície fluvio-marinha de vegetação de mangue conservada, partilhando de suas características até o momento em que sofreu impacto antrópico causado pela abertura da PA-458.

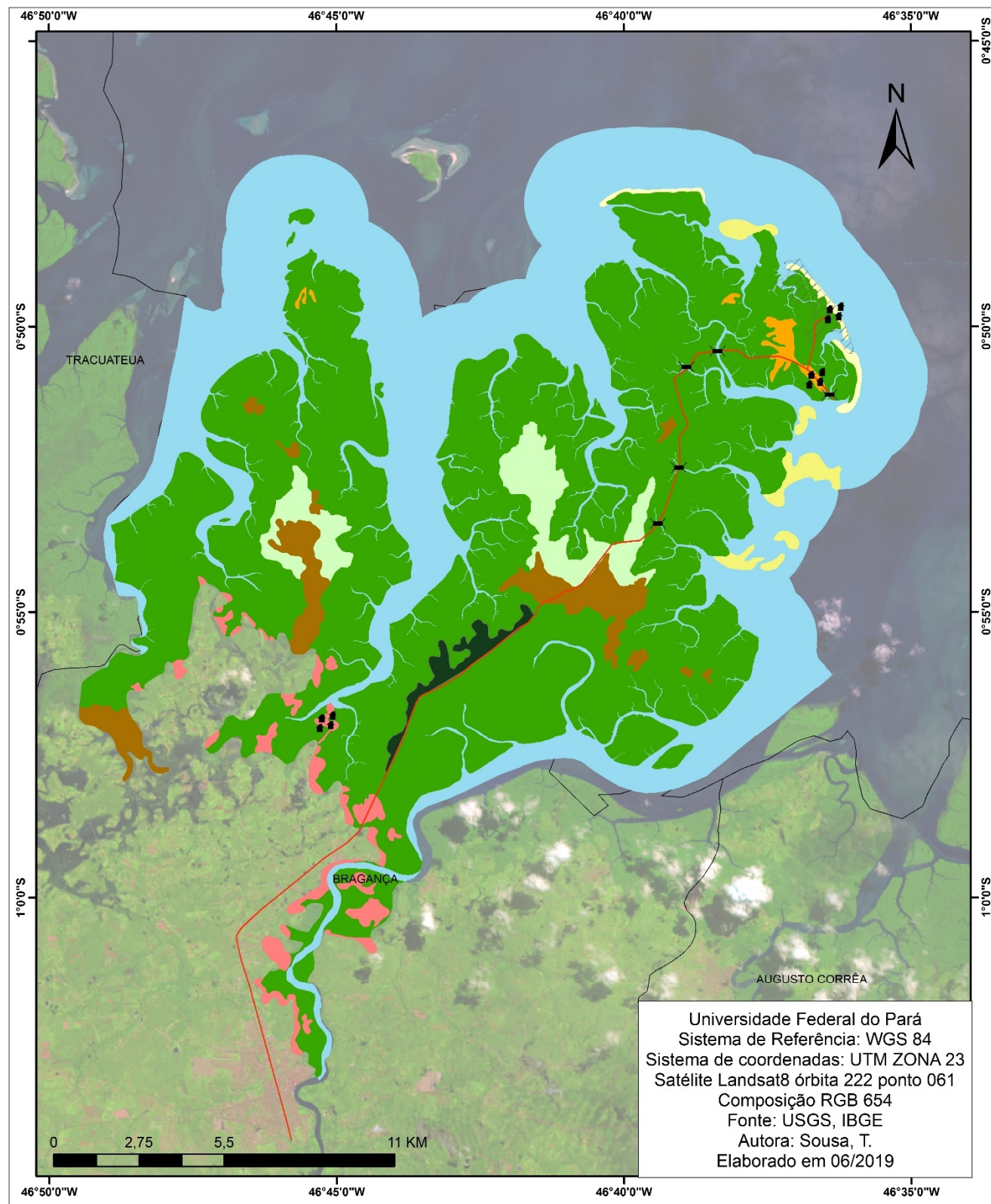
A construção da PA-458 acarretou o aterramento de alguns furos, para a construção da rodovia, parece ter sido um dos principais fatores a desencadear o processo de ressecamento do sedimento sob os bosques de mangue, via a interrupção permanente do fluxo das marés na área de estudo, como consequência, uma grande área, às margens dessa rodovia, ficou praticamente sem cobertura vegetal (FERNANDES et al., 2007).

A diminuição da umidade, teve como consequência o aumento da taxa de salinidade e a compactação do sedimento, sendo estes os mesmos fatores abióticos a influenciar o decréscimo da densidade e a alteração da diversidade da fauna bêntica na mesma área de estudo.


8 UP - Formações de vegetação secundária sobre tabuleiros costeiros

Embasado sobre a planície costeira bragantina, composto por sedimentos do grupo barreiras, apresenta uma superfície pouco ondulada, de caráter plano, fortemente dissecado, sua altimetria inserida na RESEX atinge a cota de aproximadamente 30m, sendo marcado por áreas de transição litológicas, de arenoargilas do grupo barreiras, e lamosidade da planície costeira, possui vegetação Secundária.

Mapa 5 - Síntese da paisagem da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
 FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

 Sensoriamento remoto como ferramenta de auxílio ao monitoramento da paisagem na RESEX Marinha Caeté-Taperaçú, Bragança-PA
 Autora: Thaís Sousa
 Orientador: Lúcio Miranda

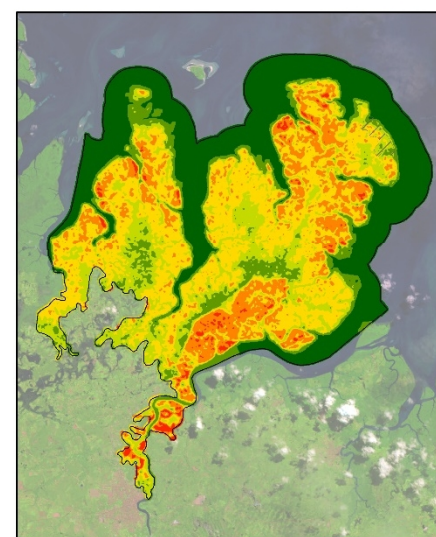
UNIDADE	SIMBOLO	UNIDADE DE PAISAGEM
1-UP		GEOSSISTEMA DE BANCOS DE AREIA
2-UP		GEOSSISTEMA DE PRAIAS E DUNAS VEGETADAS POR CAMPOS ARBUSTIVOS
3-UP		GEOSSISTEMA DE PLANÍCIE FLÚVIO MARINHA DE INTERMARÉ COM VEGETAÇÃO DE MANGUEZAL CONSOLIDADA
4-UP		GEOSSISTEMA DE PLANÍCIE DE CHÊNIER VEGETADA POR CAMPOS ARBUSTIVOS
5-UP		GEOSSISTEMA DE PLANÍCIE FLUVIO MARINHA DE SUPRAMARÉ COM VEGETAÇÃO DE MANGUEZAL
6-UP		GEOSSISTEMA DE TERRAÇOS SALINOS PANTANOSOS COM VEGETAÇÃO HERBÁCEA
7-UP		GEOSSISTEMA DE PLANÍCIE FLÚVIO MARINHA COM VEGETAÇÃO DE MANGUEZAL DEGRADADO
8-UP		GEOSSISTEMA DE TABULEIROS COSTEIROS COM VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- LIMITES MUNICIPAIS
- HIDROGRAFIA
- POLIGONAL DE EXCLUSÃO
- PA-458
- VILAS
- PONTES

Hipsometria

- 2,3-0
- 0,01-5
- 5,01-10
- 10,01-15
- 15,01-20
- 20,01-28,14



Universidade Federal do Pará
 Sistema de Referência: WGS 84
 Sistema de coordenadas: UTM ZONA 23
 Satélite Landsat8 órbita 222 ponto 061
 Composição RGB 654
 Fonte: USGS, IBGE
 Autora: Sousa, T.
 Elaborado em 06/2019

Fonte: A autora (2019)

DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA

Por meio das ferramentas de geoprocessamento, foi possível identificar nove classes de uso e ocupação do solo na RESEX Marinha de Caeté-Taperaçú, e determinar aspectos como área, e dinâmica evolutiva da paisagem. A RESEX apresenta uma área de 427 km² cortados pela PA-458, que dá acesso à praia de Ajuruteua. As classes de uso e ocupação do solo nos dois anos mapeados foram: bancos de areia, praia-duna, chênier, povoados, vegetação de manguezal conservado, campos salinos, vegetação de manguezal degradado e vegetação de tabuleiro.

A hidrografia presente nos limites da RESEX Caeté-Taperaçú expressa uma área de 142,31 km², sendo 33,33% da área total, possui influência direta do oceano, com lagunas no interior na planície costeira, próximo ao campo salino. Para o ano de 1985 a planície arenosa representava uma área de 24,94 km², sendo 5,84 % da área total da RESEX Caeté-Taperaçú, esta é totalmente submersa na maré cheia.

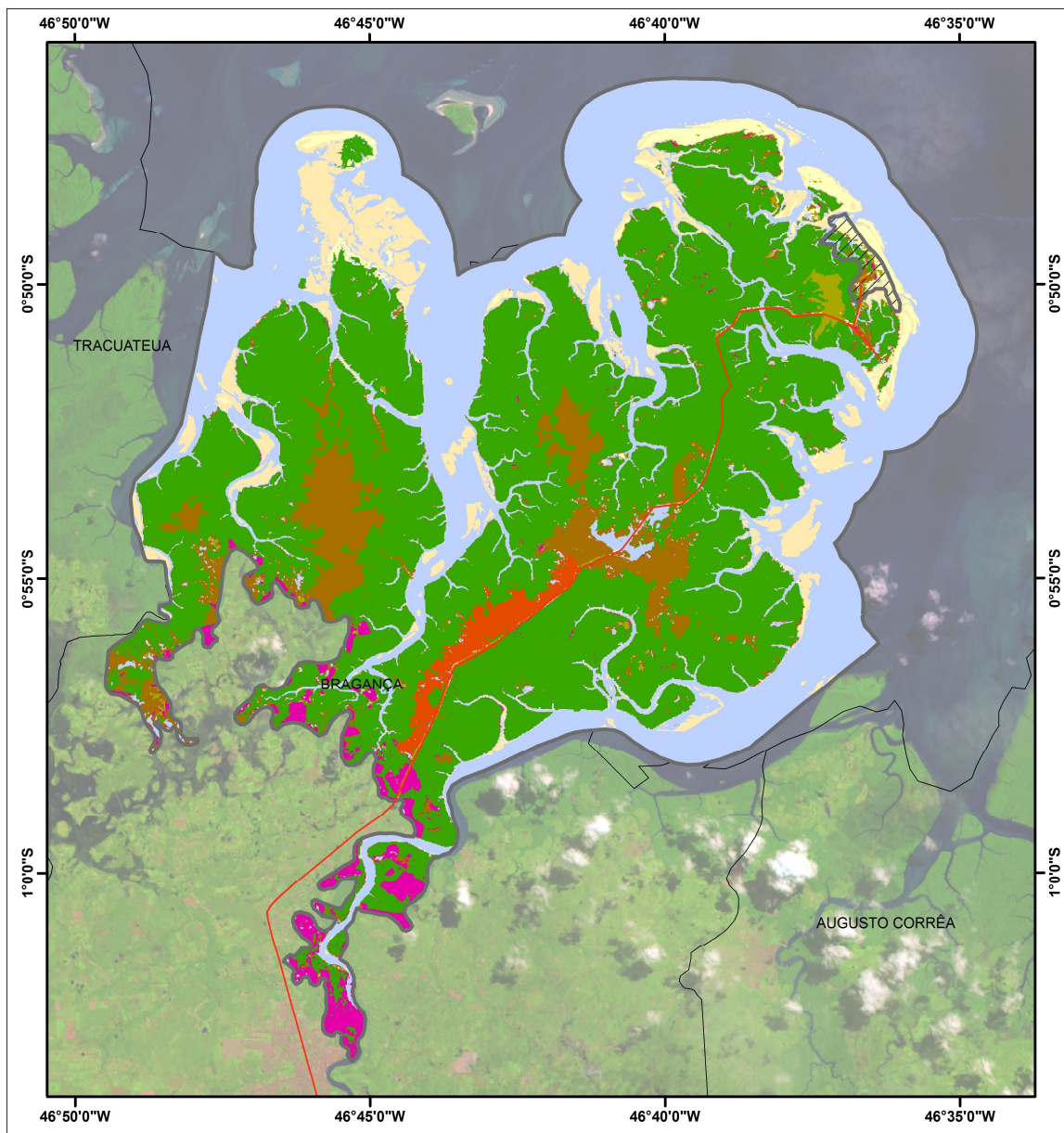
A área total da classe de Praia-Duna no ano de 1895 era de 7,75 km², manifestando 1,81 %, divididas em duas praias segundo o IBGE, a praia de Ajuruteua, e a Praia de Pilão, sendo a praia de Ajuruteua de maior área e aquela que possui a maior infraestrutura turística. Para o ano de 1985 a classe de povoados não foi identificada na imagem Landsat 5, devido a limitações de âmbito de resolução espacial das imagens, e na dispersão e baixa densidade populacional que a RESEX apresentava nesta época.

A vegetação de Manguezal conservado é a classe mais expressiva dentro da RESEX, compreendendo 210,75 km², este número compreende 49,36 % da área total da RESEX. A classe de chênier abrange uma área de 3,46 km², estes representam a porcentagem de 0,81 km² do domínio da RESEX Caeté-Taperaçú, está é limitada pela classe de vegetação de manguezal conservado.

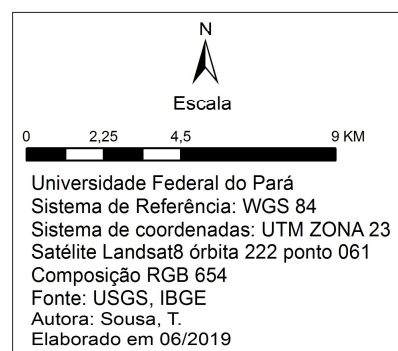
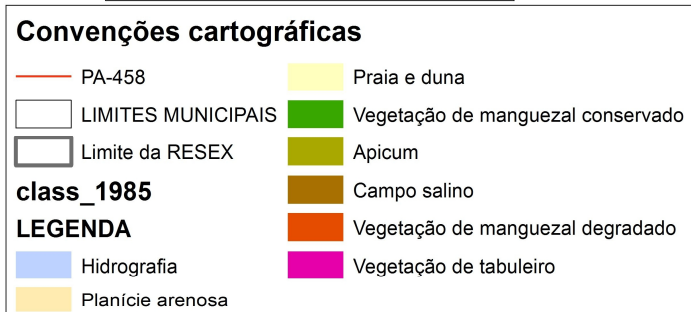
Para os campos salinos o mapeamento através da classificação supervisionada encontrou o valor de 22,64 km², que representam 5,30 % da área total da RESEX. Próxima a essa área existem feições de vegetação de manguezal degradado, estas possuem 5,67 km², representando 1,32 % da área de estudo.

Mais ao sul, no limite da RESEX e do ambiente de manguezal foram mapeadas áreas de vegetação de tabuleiro, que numericamente somam 9,97 km², para o ano de 1985 a vegetação de tabuleiro representava 2,33 % da superfície.

Mapa 6 - Uso e cobertura da terra de 1985



USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 1985



Fonte: A autora (2019)

Para o ano de 2018 foram quantificadas as áreas de uso e ocupação do solo da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú por meio da classificação supervisionada. Foram utilizadas as mesmas classes do mapeamento de 1985, seguem a baixo a quantificação das áreas.

Em 2018 a hidrografia da RESEX, recebe influência direta do oceano atlântico, representava 36,95 % do território, ocupando uma área de 157,77 km², está margeia e submerge nos momentos de maré alta a classe de planície arenosa, que para o ano de 2018 apresentou um resultado de área de 5,62 km², expressando 1,32 % da área total da RESEX.

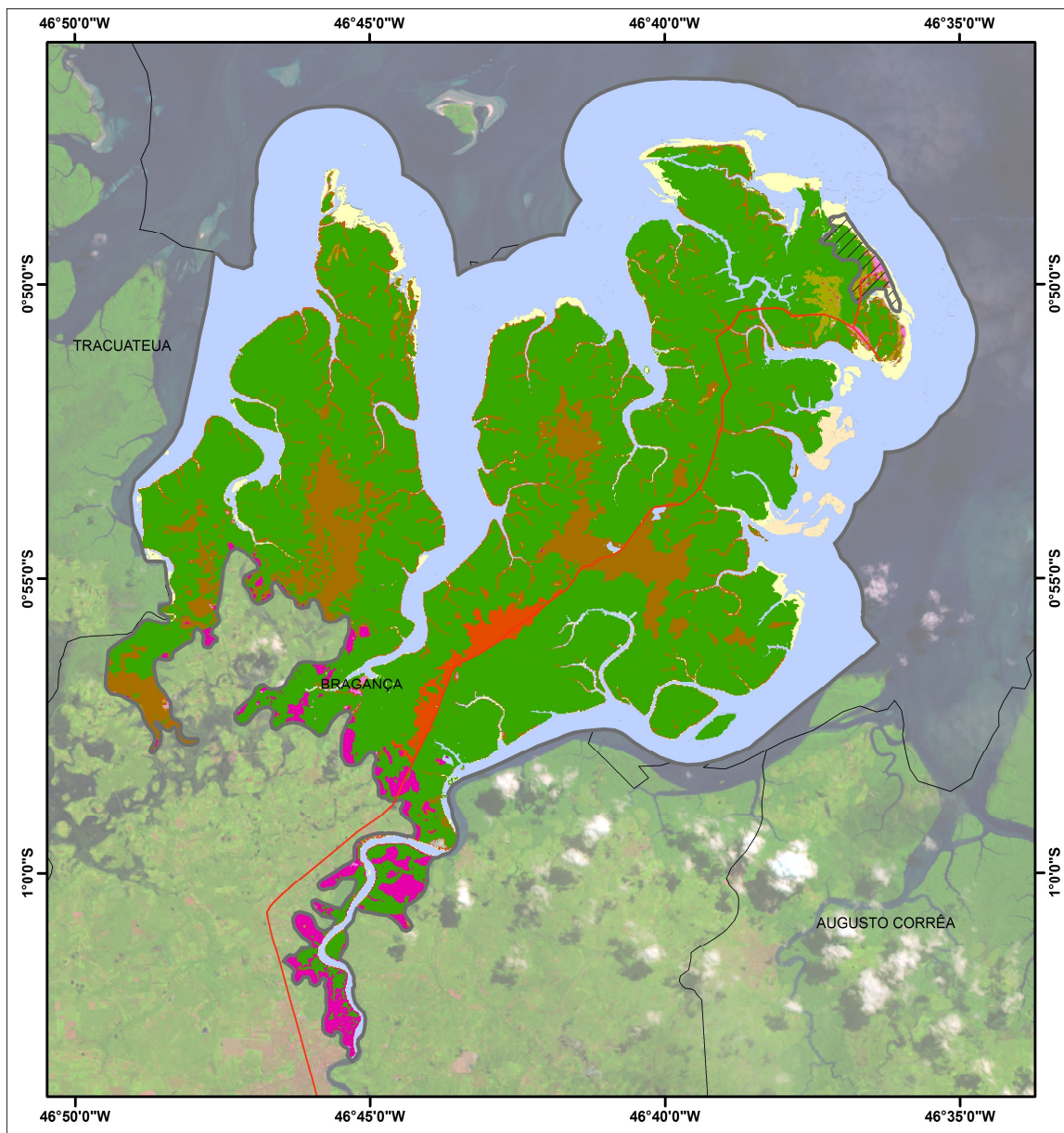
A área correspondente a praia e duna foi de 4,62 km², ou seja 1,08 % da área total, divididas em duas praias, a praia de Ajuruteua e a praia de Pilão. Para as áreas de chênier correspondem a 2,58 km², ou seja, 0,60% da área de estudo.

Para vegetação de manguezal conservado foi obtida a área de 222,91 km², correspondente a 47,75 % da RESEX, se mantendo expressivamente como a maior classe da RESEX Marinha Caeté-taperaçú.

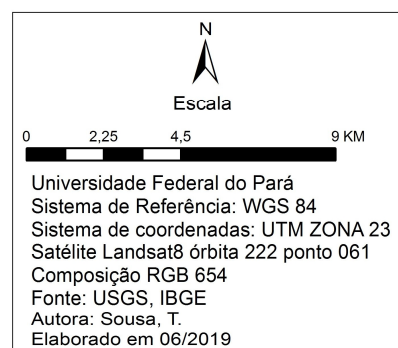
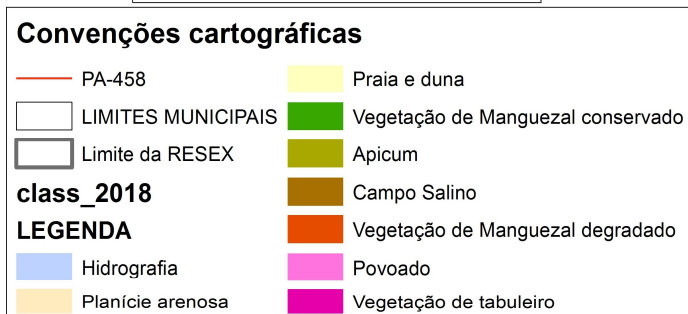
Foi constatada uma superclassificação referente a unidade de campos salinos, expressos em 38,08 km², porém baseado na pesquisa bibliográfica, e no conhecimento de campo foram realizadas correções manuais, atribuindo as feições possíveis classes ao quais pertenciam. Os o valor final da área de campos salinos é de 20,57 km² (8,91%), margeados pela classe de vegetação de manguezal degradado, que abrange uma área de 3,80 km² (0,89 % da área total).

Próxima a ele está a Vila do Castelo, que junto com a vila dos pescadores e o povoado de ajuruteua (que não pertence diretamente a jurisdição da RESEX) somam uma área de 0,96 km², ou também 0,22 % da área de estudo. Por final temos a classe de vegetação de tabuleiro, compreende um espaço de 8,38 km² (1,96 %).

Mapa 7 - Uso e cobertura da terra de 2018



USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 2018



Fonte: A autora (2019)

O quadro abaixo faz uma entre a variação das relação das áreas correspondentes as classes de uso e ocupação do solo no período de estudo em que foi realizada esta análise, podemos quantificar em km² e o percentual de classes que apresentaram crescimento (representadas por valores positivos), e quais sofreram perdas em seu espaço (representadas por valores negativos).

Quadro 5 - Variação das áreas de uso e ocupação do anos 1985-2018

CLASSE	ÁREA (1985)	ÁREA (2018)	VARIAÇÃO (KM ²)	VARIAÇÃO (%)
Vegetação de manguezal conservado	210,75	222,91	12,16	5,77
Hidrografia	142,31	157,77	15,46	10,86
Campo salino	22,64	20,57	-2,07	-9,14
Planície arenosa	24,94	5,62	-19,32	-77,47
Vegetação de Tabuleiro	9,97	8,37	-1,6	-16,05
Praia e duna	7,75	4,62	-3,13	-40,39
Vegetação de manguezal degradado	5,67	3,8	-1,87	-32,98
Chênier	3,46	2,58	-0,88	-25,43
Povoado	0,49	0,96	0,47	95,92

Fonte: A autora

É possível observar que as classes com maior representação espacial nos dois anos imageados foram as classes de hidrografia e vegetação de manguezal conservado, numericamente estas duas classes não sofreram grandes variações, tendo um acréscimo de 12,18 km² (8,56 %) e 8,56 km² (1,01 %) respectivamente, no entanto ao observamos nos mapas uma diminuição visual na área de vegetação de manguezal consolidado na ilha de Buiuçucanga, e no pontão a leste do Rio Taperaçú, este fenômeno ocorre com frequência na chamada zona de reentrância paraense, pois há uma forte influência de maré, e por consequência pressões erosivas que desconstroem áreas desta feição.

A noroeste, entre a foz do Rio velho e o Rio Taperaçú, verificou-se que ocorreu um acréscimo visual de área relativas ao manguezal conservado, esta é uma característica da dinâmica da unidade paisagem de planícies flúvio-marinhas, onde ocorrem consolidações de vegetação de mangue por meio da deposição e fixação de sedimentos lamosos nas áreas onde antes eram ocupadas por planícies arenosas, o mesmo processo pode ser observado a sudeste da área de Manguezais

com o surgimento de uma nova ilha onde na imagem de 1985 era somente uma feição de banco de areia.

Ao se correlacionar este crescimento da vegetação de manguezal conservado, ao valor negativo da variação da vegetação de manguezal degradado, podemos supor que há um processo ativo de regeneração vegetal em resposta a perda ocorrida com a abertura da PA-458 nos anos 70, que resultaram na obstrução dos canais-de-maré interferindo na hidrodinâmica local, promovendo a degradação de uma grande área de manguezal.

Fernandes et al. (2007) ainda aponta ação de grupos na tentativa de recuperação dessas áreas degradadas, como o projeto REDEMA (Restauração dos Manguezais Degradados em Bragança), implantado em 2005, já conseguiram replantar mais de 13.000 propágulos e sementes das três espécies de mangue locais, incluindo áreas no entorno das comunidades ribeirinhas e no Km 17 da rodovia PA-458, além de manter dois viveiro de mudas, juntos têm a capacidade de abrigar até 6500 indivíduos de espécies nativas de mangue.

Camargo (2016) desenvolveu em sua tese uma análise temporal de 35 anos, onde foram apontados dados que demonstram que as florestas de mangue estão migrando para setores mais elevados, sobre os campos salinos e recuando ao longo da linha de costa, sendo esta uma reação ao aumento da frequência de inundação.

Ainda segundo o estudo realizado por Camargo (2016), o ambiente de campos salinos sofreu uma redução de 6,2 km² no período de 1972 até o ano 2015, o que reforça a tendência demonstrada no decréscimo de 2,07 km² obtido nos resultados desta monografia. Uma das condicionantes que possibilitam a explicação dessa discordância entre os valores é a metodologia abordada para a quantificação dessas áreas. Enquanto Camargo realizou seu mapeamento através da análise topográfica, este presente estudo se apossou da classificação supervisionada, que tem uma dependência direta da resposta espectral dos alvos, onde é característico deste ambiente sofrer períodos de inundação no período da preia-mar, sucedendo no fenômeno de formação de lagos salinos temporários, áreas de campo salino foram registradas como hidrografia, como visto no mapa 6.

A planície arenosa foi a feição que mais sofreu variação regressiva em sua área total, havendo uma queda significativa de 77,43 %, ou seja, uma perda de 19,32 km², o mesmo se deve a condições citadas anteriormente de colonização vegetal,

além da migração resultante da força das ondas sobre elas. Outra possibilidade que explicaria este fenômeno seria o momento do imageamento, pois as planícies arenosas ficam submersas em ocasiões de preia-mar. No entanto segundo Marinha do Brasil (2018) a costa bragantina se encontrava próximo a baixa-mar, às 13h15 do dia 31 de Maio de 2018 data da obtenção da imagem.

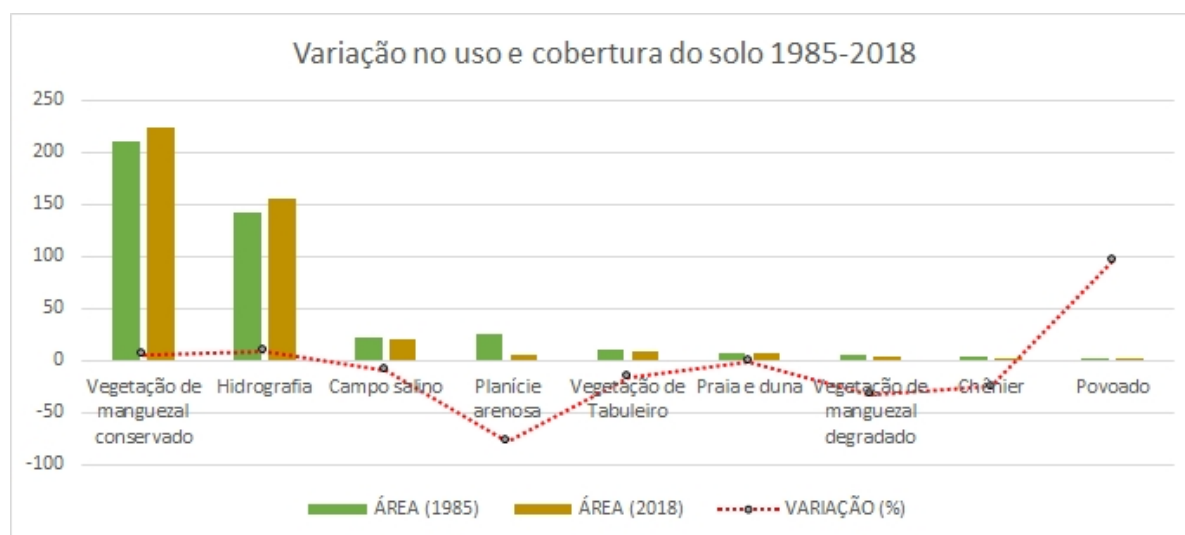
A unidade de praia e duna sofreu uma redução de 3,13 km², percentualmente equivalente a 40,39%, esta mudança é perceptível ao compararmos os mapas 6 e 7 ao observarmos a norte da ilha de Buiuçucanga, mais especificamente a praia de Ajuruteua podemos observar uma redução espacial considerável, estudos desenvolvidos na região demonstram uma retração progressiva da linha de costa de 25 metros dos nos períodos de pluviometria mais intensa (MUEHE, 2006).

Para Serrão et al. (2016) as causas da erosão consistem principalmente na carência de sedimentos, retirada da cobertura vegetal, construção de edificações, além das correntes induzidas pela ação dos ventos e ondas e marés que promovem constante remoção de sedimentos. A combinação desses fatores causa transporte de sedimento em direção à costa e conseqüente queda na sedimentação na praia supracitada.

Como dito anteriormente a classe de povoados não foi registrada no ano de 1985, por conta de sua baixa densidade populacional, podendo ser somente registrada a partir das décadas seguintes. No ano de 2018, esta área registrou uma cobertura de 0,96 km². A bibliografia existente sobre essa região corrobora com os resultados encontrados ao descrever como a abertura da PA 458 no ano de 1983, deu início ao processo de ocupação da região, ocasionou a partir do ano de 1987, o fenômeno de ocupação desordenada nos primeiros 700 metros de continente, que segundo Pereira et al. (2006) por conta dos processos erosivos forçaram o deslocamento para a ala leste da ilha de Buiuçucanga, dando origem a vila Bonifácio, expandindo assim as áreas de ocupação antrópica dentro da RESEX.

O gráfico 1 esboça de maneira mais visual a relação entre as áreas, e as suas variações ao longo do tempo, pode-se observar que as grandes áreas de manguezal não sofreram grandes alterações ao longo de 30 anos, porém, as variações de ambientes mais sensíveis como campo salino, e planície arenosa, evidenciam como a ação da erosão, e o fluxo de marés podem remodelar a cenário costeiro.

Gráfico 1 - Variação das área de uso e ocupação do anos 1985-2018



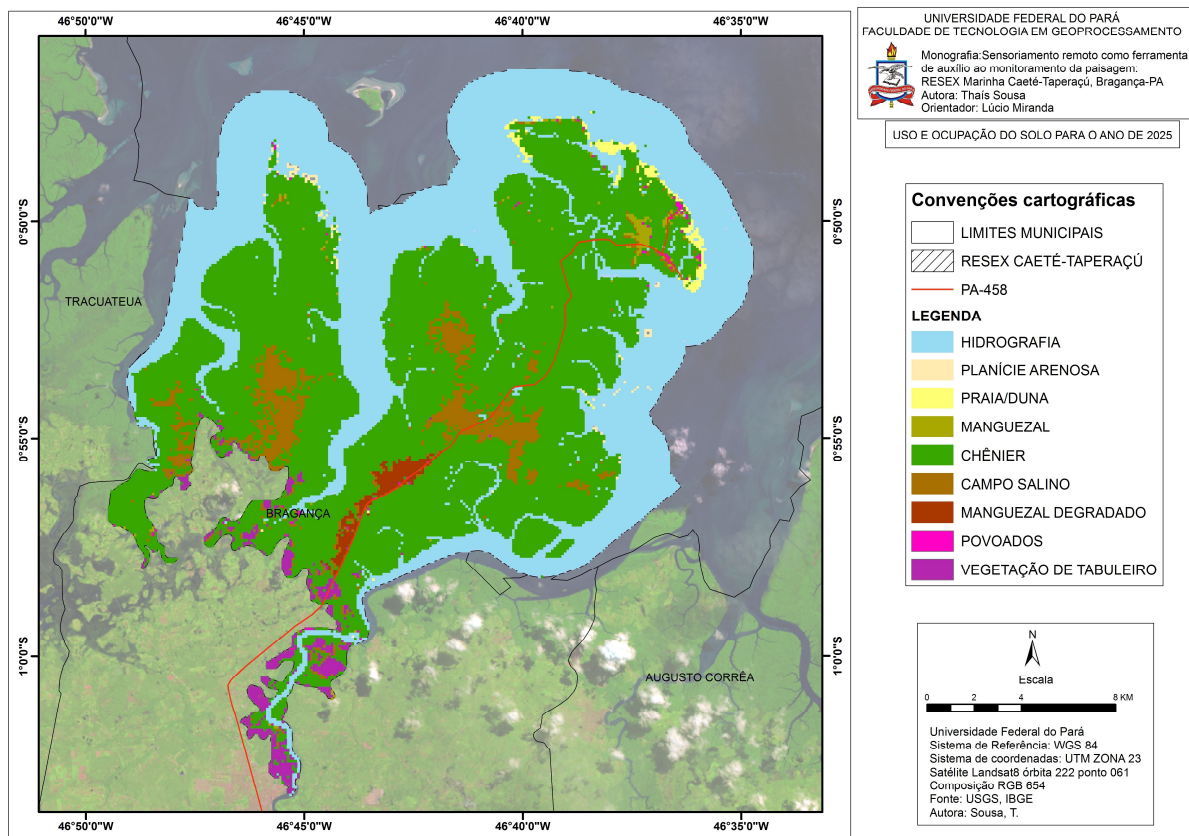
Fonte: A autora

O do modelo de simulação de dinâmica de ocupação do solo da RESEX Caeté-taperaçú pela extensão MOLUSCE resultou no mapa de uso e ocupação para o ano de 2025, onde foram quantificadas as áreas das seguintes classes:

Hidrografia apresentou uma área de 162,59 km² (38,09 % da área total); Planície arenosa 1,21 km² (0,28 % da área total), praia e duna 3,34 km² (0,78 % da área total), chênier apresentou uma área de 2 km² (0,46 %), vegetação de manguezal conservado 222,64 (52,17 % da área total), campo salino 21,90 km² (5,13 %), vegetação de manguezal degradado 3,52 (0,82 %), povoado 1,37 (0,32 %), vegetação de tabuleiro 8,20 (1,92).

O resultado da simulação de uso e ocupação do solo segue a tendência demonstrada no monitoramento dos anos de 1985 e no ano de 2018, havendo perdas nas áreas de planície arenosa, praia e duna, chênier, campo salino, vegetação de manguezal degradado e vegetação de tabuleiro; enquanto que observamos um acréscimo nas área de vegetação de manguezal conservado, povoados, e hidrografia. É importante salientar que visualmente estas alterações foram demandadas de forma interna, reforçando hipótese levantada nesta monografia de colonização da vegetação de manguezal sobre as unidades interiores.

Mapa 8 - Simulação uso e cobertura do solo para o ano de 2025



Fonte: A autora (2019)

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a elaboração de mapa síntese das Unidades de Paisagem da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú, onde foram agregadas informações acerca do potencial ecológico, e da exploração biológica; e a elaboração de mapas de uso e ocupação do solo para os anos de 1985 e 2018 por meio da classificação supervisionada, que deu subsídio para a elaboração de um modelo estocástico de simulação da dinâmica da paisagem para 2015, cumpriu-se o objetivo de central deste trabalho, que condiz com a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto para o monitoramento da dinâmica espaço-temporal da paisagem.

Com a aplicação deste estudo foi possível concluir que a integração do sensoriamento remoto aos ambientes SIG constitui uma poderosa ferramenta para análises espaciais que demandem inferências sistemáticas, devido a sua capacidade de agregação de dados e a possibilidade de interpretação das interações entre os ambientes costeiros, facilitando assim a sua compreensão geral de dinâmica espacial.

Por meio da utilização das imagens produto de sensoriamento remoto da família Landsat, aliado a técnicas estocásticas de inferência espacial foi possível gerar mapeamentos acerca do uso e ocupação do solo da RESEX Marinha Caeté Taperaçú. Mapeamentos estes que apontaram dinâmicas através dos seus dados quantitativos.

Pode-se observar que as classes dominantes de uso e ocupação do solo de hidrografia e vegetação de manguezal conservado pouco sofreram alterações ao longo dos anos de estudo, isoladamente esta informação pouco contribuiria para o entendimento da dinâmica local, no entanto ao se espacializar estes dados, se pode visualizar através do mapa a migração dessas áreas sobre as outras classes presentes no ambiente costeiro da RESEX.

A bibliografia sobre esta região embasa que esta movimentação é decorrente da dinâmica de micromarés, e do aumento do nível relativo do mar, que são apontados como fatores fundamentais para o favorecimento da expansão desta vegetação. Este resultado é positivo quando se refere a diminuição da área degradada as margens da PA 458, indicando que as políticas de proteção e recuperação de área impactadas tem sido efetivas em seus objetivos.

A escala de análise deste trabalho não possibilitou a realização mais aprofundada acerca da erosão da linha de costa, e seus impactos na dinâmica econômico-social das comunidades dependentes das atividades realizadas ao longo da praia de Ajuruteua, no entanto a diminuição de áreas referentes a praia-duna servem como indicativos desta dinâmica.

A estabilidade das classes, salvo pequenas dinâmicas decorrentes de fatores ambientais demonstram que a criação e gestão da RESEX Marinha Caeté-Taperaçú tem cumprido com seus objetivos propostos no Plano de manejo, que consiste no uso de recursos naturais pelas populações tradicionais, e pela conservação do ambiente no qual estas comunidades são dependentes.

Frente a fragilidade ambiental característico de ecossistemas costeiros, e recentes afrouxamentos acerca de legislação de proteção ambiental, estudos como este realizado são importantes para levantar informações de como medidas protetivas ao meio ambiente influenciam diretamente sobre a rotina não somente das comunidades locais, mas também daquelas que usufruem diretamente da produção realizada através da extração de recursos naturais pelas comunidades tradicionais.

No mais, o resultado da simulação de dinâmica espacial do modelo estocástico de Markov se mostrou inadequado para zonas costeira, pois ocorreu uma supressão muito intensa das classes de bancos de areia, e praias e dunas. Demonstrando assim que o modelo não é adequado a ambientes em que ocorram intensas migrações de sedimentos, decorrentes de processos erosivos e deposicionais.

REFERÊNCIAS

. In: SANTOS, Milton. **Natureza do Espaço**: Técnica e Tempo, Razão e Emoção . 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

ABRAÃO, Mascarenhas. **Análise geoambiental da ilha de Algodão-Maiandeuá/PA**. Fortaleza, 2006. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2006.

ALMEIDA, Adrielson. **Os efeitos das políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico na zona costeira do nordeste paraense: expansão rodoviária, urbanização e atividade turística**. Belém, 2017. Tese (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, 2017.

ALMEIDA, Erlen. **Técnicas de modelagem da superfície**: Comparação do SRTM e ALOS PALSAR na geração de modelo digital de terreno. Ananindeua, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em geoprocessamento) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ.

ANTUNES, Alzir. Fundamentos de sensoriamento remoto em ambiente de geoprocessamento. **Universidade Federal do Paraná**, Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2005.

AQUINO, Alexandre. **O papel das unidades de conservação na preservação da natureza**. Brasília, 2001. Monografia (Faculdade de Ciências da Saúde) - Centro Universitário de Brasília . Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/123456789/2407/2/9710856.pdf>. Acesso em: 22 Jul. 2019.

ASMALA, Ahmad; SHAUN, Quegan. Analysis of Maximum Likelihood Classification on Multispectral Data . **Applied Mathematical Sciences**, v. 6, junho 2012.

BACA, Jesus; NETTO, Ana; MENEZES, Paulo. Modelagem da dinâmica da paisagem com processos de Markov. In: EMBRAPA. **Geomática**: Modelos e aplicações ambientais. Brasília, 2007. 593 p. cap. 10, p. 499-528.

BARRA, Otávio. **Portos e gestão ambiental: análise dos impactos ambientais decorrentes da implantação do terminal marítimo de passageiros na praia mansa – Fortaleza/CE-Brasil**. Ceará, 2015. Tese (Programa de pós graduação em geografia) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ , 2015.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global: Um esboço metodológico. **RA'EGA**, Curitiba, p. 141-152, 2004. Editora UFPR.

BLANDTT, L; GLASER, M. Sociedade humana e o recurso caranguejo (*Ucides cordatus*) na costa do Pará. **Mangrove**, Recife, 2000.

BRASIL. **Constituição**. República Federativa do Brasil de 1988. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: : Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 22 Jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. . . Plano de Manejo da Reserva Extrativista Marinha de Caeté-Taperaçu:.

BUSMAN, Débora et al. Morfologia da praia de Ajuruteua-pa (Brasil), durante uma maré equinocial de sizígia. In: II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA , Fortaleza, 2003.

CAMARGO, George; VILLAMIL, Laura. **Aplicación de un modelo predictivo para el análisis del impacto generado por el cambio de cobertura urbana en el municipio de Mosquera, Cundinamarca**. Bogotá, 2018. Dissertação (Especialización en gerencia de recursos naturales) - UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2018. Disponível em: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13969/1/OlayaVillamilLauraMarcela_SuarezCamargoGeorgeStevens2018.pdf. Acesso em: 22 Jul. 2019.

CAMARGO, Paloma. **Evolução dos pântanos da região central da península de Bragança-PA de acordo com as mudanças do nível relativo do mar durante o Holoceno**. Belém, 2016. Tese (Programa de pós-graduação em geologia e geoquímica) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, 2016.

CANTO, Luiz; JÚNIOR, João ; CANDEIAS, Ana Lúcia. Análise comparativa de classificadores em imagens Landsat 8 com e sem correção atmosférica no entorno de Petrolândia-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 6. 2016. **Anais...** Recife.

CHAGAS, Ana (Org.). Roteiro metodológico para elaboração de plano de manejo para florestas nacionais . **IBAMA**, Brasília, 2003.

CHEN, Marcia. **Use of Artificial Neural Network for Land Use Land Cover Classification of UAV Acquired Imagery**. Pune, Índia, 2016. Tese () - Symbiosis Institute of Geoinformatics, 2016. Disponível em: https://www.sig.ac.in/assets/student_proect_pdf/MarciaChenThesis.pdf. Acesso em: 22 Jul. 2019.

DAINESE, Renata. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação na classificação não-supervisionada e análise visual**. Botucatu, 2001. Trabalho de Conclusão de Curso (FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA.

EMBRAPA. Tabuleiros costeiros. **AGEITEC (AGENCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA)**. 2006. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2rpqi7zu.html. Acesso em: 22 Jul. 2019.

FERNANDES, Marcus et al. Efeitos da construção da rodovia PA 458 sobre as florestas de mangue da península bragantina, Bragança, Pará, Brasil. **UAKARI**, v. 3, p. 55-63, 2007. Disponível em: <http://uakari.mamiraua.org.br/UAKARI/article/view/19/24>. Acesso em: 22 Jul. 2019.

FILHO, Britaldo. Análise da Paisagem: Fragmentação e mudanças. **Centro de Sensoriamento remoto**. Minas Gerais, 1998. 90 p. Disponível em: http://csr.ufmg.br/dinamica_utils/download/files/publications/apostila.pdf. Acesso em: 22 Jul. 2019.

FONTES, Aracy. Planícies e lagunas costeiras. In: FONTES, Aracy. **Geomorfologia costeira**. Aracajú: Universidade Federal de Sergipe, 2011. cap. 5, p. 86-96.

IBGE. **Ajuruteua**: Carta Planimétrica SA.23-V-A-VI. 2009. Carta Planimétrica. Dimensões: 1:100.000.

ICMBIO. **Plano de Manejo da Reserva Extrativista Marinha de Caeté-Taperaçu**:. Brasília, 2012.

IMAZON. **Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira: avanços e desafios** **Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira: avanços e desafios**. 2012. Disponível em: <https://imazon.org.br/areas-protegidas-na-amazonia-brasileira-avancos-e-desafios-2/>. Acesso em: 22 Jul. 2019.

JACOMINE, Paulo. Nova classificação Brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, 2009.

LEÃO, Sheyla. **Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na reserva extrativista marinha caeté-taperaçu, bragança/pa**. Ananindeua, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em geoprocessamento) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, 2018.

LOPES, Renata. **Sensoriamento remoto aplicado à análise do ecossistema manguezal da RESEX Mestre Lucindo**. Ananindeua, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em geoprocessamento) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ.

MARINHA DO BRASIL. **Tábuas de Maré**. 2018. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/dados-de-mare-mapa?field_tipo_de_dados_value=T%C3%81BUAS+DE+MAR%C3%89. Acesso em: 22 Jul. 2019.

METZGER, Jean. O que é ecologia da paisagem?. **Biotaneotrópica**, São Paulo, v. 1, 28 Novembro 2001. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/fullpaper?bn00701122001+pt>. Acesso em: 22 Jul. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo da Reserva Extrativista Marinha de Caeté-Taperaçu**:. Brasília, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação** : Reserva extrativista Marinha Caeté-Taperaçu. 2007. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=248>. Acesso em: 22 Jul. 2019.

MUEHE, Dieter (Org.). PARÁ. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília, 2006. cap. 2, p. 41-87. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/pa_erosao.pdf. Acesso em: 22 Jul. 2019.

MÜLLER, Sônia; DALMOLIN, Quintino; ARAKI, Hideo. Comparação entre os métodos de máxima verossimilhança, distância mínima e o método de fisher para reconhecimento de padrões em imagens coloridas. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, 1999.

NOVO, Evlyn. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, Felipe et al. Mapeamento de fragmentos florestais com monodominância de aroeira a partir da classificação supervisionada de imagens rapideye. **Revista Árvore**, Viçosa, 2013.

PEREIRA, Luci et al. Formas de uso e ocupação na praia de Ajuruteua-Pará (Brasil). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR, 2006.

PICHININ, Erica. **As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem no município de Euclides da Cunha Paulista/SP**. 2009. Tese (Faculdade de Ciências e Tecnologia) - Universidade Estadual Paulista, 2009.

PROST, Maria et al. Relevo e Paisagem: Aplicações na Costa Amazônica norte-brasileira. **Aurora Geography Journal**, v. 3, p. 75-92, 2011.

RICHARDS, J. Remote Sensing Digital Image Analysis. **Springer-Verlag** , Berlim, 1999.

RITTER, Lia; MORO, Rosemari. As bases epistemológicas da ecologia da paisagem. In: JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY AND BIODIVERSITY. 2012.

RITTER, Lia; MORO, Rosemeri. As bases epistemológicas da ecologia da paisagem. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, p. 58-61, Agosto 2012. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/download/286/199/>. Acesso em: 22 Jul. 2019.

ROCHA, Antônio; SILVA, Manoela. Aspectos fitossociológicos, florísticos e etnobotânicos das palmeiras (Arecaceae) de floresta secundária no município de Bragança, PA, Brasil. **Acta**, Brasil, 2005.

ROSOLEM, Natália. GEOSISTEMA, TERRITÓRIO E PAISAGEM COMO MÉTODO DE ANÁLISE GEOGRÁFICA. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, Universidade de Coimbra, 2010.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.

SANTOS, Rosângela; OHATA, Arlete; QUINTANILHA, José. A análise bayesiana na classificação supervisionada de imagens: aplicação na determinação de classes de uso do solo (Mogi das Cruzes – SP). **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.00.34/doc/15_363.pdf. Acesso em: 22 Jul. 2019.

SERRÃO, Izabelle et al. Avaliação da aplicabilidade da setorização de risco geológico na região de bragança, praia de ajuruteua, nordeste paraense. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS DA AMAZÔNIA, V. 2016, Belém, 2016.

SILVA, Gustavo. A importância das unidades de conservação na preservação da diversidade biológica. **Logos**, Rio Claro, 2005. 141-142. Disponível em:

<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/190/UC.pdf>. Acesso em: 22 Jul. 2019.

SOUZA-FILHO, Pedro Walfir; EL-ROBRINI, Maâmar. Morfologia, processos de sedimentação e litofáceis dos ambientes Morfo-sedimentares da planície costeira bragantina, nordeste do Pará, Brasil. **Geonomos**, Belém, 2010.

TRINDADE, Wellington; PEREIRA, Luci; VILA-CONCEJO, Ana. Tidal Modulation of Moderate Wave Energy on a Sandy Tidal Flat on the Macrotidal Amazon Littoral. **Journal of Coastal Research**, 2016.

TROPPEMAIR, Helmut; GALINA, Marcia. Geossistemas. **Mercator**, Fortaleza, 2008.

ZANETTI, Juliette; BRAGA, Franciele; DUARTE, Daniel. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem máxima verossimilhança, distância euclidiana, paralelepípedo e redes neurais em imagens vant, utilizando o método de exatidão global, índice kappa e o tau. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, IV. 2017. **Anais eletrônicos...** Presidente Prudente, 2017. Disponível em: http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017_IV_SBG/_artigos/2017_SBG_CTIG_paper_51.pdf. Acesso em: 22 Jul. 2019.