



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA
DO ESPAÇO – PPGeo**

DEUZANIR DA CONCEIÇÃO AMORIM LIMA

**ANÁLISE POR GEOPROCESSAMENTO DAS UNIDADES DE PAISAGEM NOS
MUNICÍPIOS DE ROSÁRIO, AXIXÁ E ICATU – MA**

São Luís

2020

DEUZANIR DA CONCEIÇÃO AMORIM LIMA

**ANÁLISE POR GEPROCESSAMENTO DAS UNIDADES DE PAISAGEM NOS
MUNICÍPIOS DE ROSÁRIO, AXIXÁ E ICATU – MA**

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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos
Co-Orientador (a): Profa. Dra. Flávia Rebelo Mochel

São Luís

2020

Lima, Deuzanir da Conceição Amorim.

Análise por geoprocessamento das unidades de paisagem nos municípios de Rosário, Axixá e Icatu – MA / Deuzanir da Conceição Amorim Lima. – São Luís, 2020.

78 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Araújo dos Santos.

1.Paisagem. 2.Geoprocessamento. 3.Álgebra de mapas. I.Título.

CDU: 911.9:712(812.1)

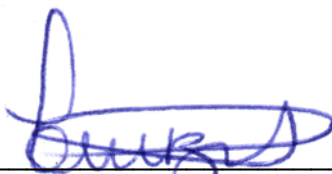
DEUZANIR DA CONCEIÇÃO AMORIM LIMA

**ANÁLISE POR GEOPROCESSAMENTO DAS UNIDADES DE PAISAGEM NOS
MUNICÍPIOS DE ROSÁRIO, AXIXÁ E ICATU – MA**

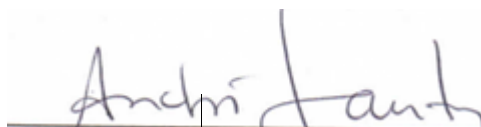
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) como requisito para obtenção do título de mestre em Geografia.

Aprovada em: **10/02/2020**

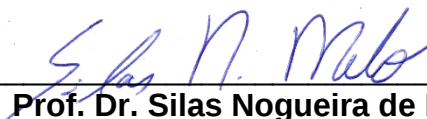
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
(Orientador)



Prof. Dr. André Luís Silva dos Santos
Instituto Federal de Maranhão (UFMA)
(Examinador Externo)



Prof. Dr. Silas Nogueira de Melo
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
(Examinador Interno)

Dedico este trabalho a DEUS por me
presentear com este Mestrado e a família
incrível que tenho por todo apoio e
colaboração nessa árdua jornada.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, em primeiro lugar, que desde a publicação do edital colocou em meu caminho este mestrado através de duas pessoas muito especiais chamadas Iraize e Priscilla que muito me incentivaram a concorrer a vaga e me ajudaram até o final. Muito obrigada, meninas.

A minha mãe Euzanir que como uma grande guerreira, usou todas as armas que pode para que não me faltasse material escolar, um bom lugar pra estudar e tudo o quanto eu precisei pra chegar até aqui, sempre me incentivando a estudar e correr atrás da minha carreira profissional, compartilhando de perto cada sentimento de frustração e de conquista que eu senti, me apoiando a todo instante, me deixando por vezes até constrangida com tanto amor e cuidado.

A meu pai João que também sempre me apoiou e esteve comigo em momentos muito importantes da minha carreira, como a matrícula da graduação e a defesa da monografia e que embora tenha passado por tantas adversidades durante esses dois anos que o impossibilitaram de me acompanhar da mesma maneira no mestrado, sempre esboçou muito orgulho e felicidade pelos passos que tenho dado, até mesmo quando em uma cama de hospital.

A meu esposo Richardson que desde o início dessa fase tem sido extraordinário para mim, usando de todos os recursos que tinha, enfrentando junto comigo chuvas torrenciais e inundações pra que eu não deixasse de efetuar minha inscrição no seletivo deste mestrado, me incentivando com palavras de ânimo e me confortando durante as madrugadas de muito trabalho. Muito obrigada também pelos almoços e jantares, pelas massagens com gel, pelos concertos do meu notebook e por me oferecer água e amor sempre.

A minha irmã Elys Dayane que retornou pra minha vida dessa forma tão especial, enfrentando madrugadas comigo para me ajudar a finalmente terminar este trabalho me dando grande auxílio na formatação e também sempre me incentivando e cuidando de mim junto com mamãe.

Ao meu ex-orientador que me ajudou a qualificar e me deu muita força e incentivo pra que eu fizesse um bom trabalho e pudesse seguir essa tão trabalhosa, porem recompensadora, carreira acadêmica, me propondo desafios que me tornaram mais forte e mais resiliente profissionalmente.

A Priscilla, que é excepcional como pessoa e a quem devo muita gratidão por ter, junto com Paulo que é outro ser humano incrível, sugerido a álgebra de mapas e me dado todo suporte para aprender e aplicar essa metodologia, por todo auxílio na elaboração e aplicação da metodologia desenvolvida, pelos sábados, domingos e feriados sacrificados pra me ajudar a concluir meus mapas, muito obrigada mesmo.

Ao meu atual orientador que confiou em mim, mesmo diante de um histórico inicial desestimulador e que sempre me surpreendeu com seu nível de compreensão e sua capacidade de se colocar no lugar do outro, especialmente quando me tranquilizava com palavras de incentivo e de apoio quando eu esperava uma bronca merecida. Que apoiou minha proposta de pesquisa mesmo tendo todos os motivos do mundo pra acreditar que eu não conseguiria, como prazos extrapolados, recursos reduzidos e pouquíssima experiência na área. Meu muito obrigado professor, ao grande ser humano e ao excelente profissional que você é.

Ao professor Silas que desde que conheci somou muito na minha pesquisa, dando dicas importantes de referências a serem buscadas, ensinando como usar o ArcGIS através de disciplina, mesmo exausto, para que pudesse atender a latente necessidade não só da minha pesquisa como a de outros da minha turma também, tirando minhas dúvidas prontamente sempre que possível.

A FAPEMA, pelos recursos disponibilizados através de Bolsa de Estudos de incentivo a minha pesquisa e também pela compreensão diante dos percalços enfrentados durante o prazo estabelecido, contornados exaustivamente, contudo de forma gratificante, para entregar um produto inovador e de qualidade.

E por fim, a todos que direta ou indiretamente sempre me apoiaram e contribuíram da forma que estivesse ao seu alcance, como o grupo de amigas que tenho desde a graduação (Priscilla, Iraize, Suanny, Jainara, Samira e Jéssica), onde sempre busco apoio e equilíbrio emocional tanto em conversas de desabafo quanto nas aleatórias que amenizam o estresse diário, Katiuse que sempre esteve pronta a me ajudar quando precisei, as meninas da minha turma, Kelly, Jucélia e Gizele, com as quais compartilhei os sentimentos que surgiam durante a jornada em comum, ao bons amigos que fiz e que prontamente me ajudaram sempre que pedia, como Jefferson Viana, Edelson, Emerson, Rejane e outros.

“Ele acreditava que eu podia fazer qualquer coisa. Acreditava que eu era melhor do que sou.”

Louis Zamperini¹

¹Consultar filme O Invencível nas referências.

RESUMO

A paisagem, no contexto geográfico, tem papel fundamental para a distribuição de populações e para o uso do espaço, conseqüentemente os estudos que buscam a compreensão das unidades que a compõem tem-se tornado cada vez mais indispensáveis, especialmente para gerir o uso sustentável do ambiente a que está atrelada. Os municípios de Rosário, Axixá e Icatu fazem frente à baía de São José compondo sua margem direita onde deságuam três importantes rios, dentre os quais se destaca o rio Itapecuru tanto pelo seu porte quanto pela sua importância socioeconômica uma vez que é a principal fonte de abastecimento de água para a capital do Maranhão e outros municípios no entorno. Em vista dessa carência, a presente pesquisa teve por objetivo, fazer uma análise das unidades de paisagem através do uso de geoprocessamento, utilizando para isso a técnica de álgebra de mapas. A partir do uso das metodologias convencionais foi indispensável o desenvolvimento de uma proposta metodológica apropriada que atendesse a expectativa do trabalho quanto à clareza e objetividade dos resultados. Através da metodologia então desenvolvida foi feita a caracterização Geológica, Geomorfológica, Vegetacional e de Declividade considerando a relação do meio com a proximidade da linha de costa. Na sequência sobrepôs-se os planos de informação correspondentes a cada aspecto geográfico citado aplicando-se a álgebra de mapas através do programa ArcGis 10.2 da qual obteve-se um total de 10 Unidades de Paisagem discutidas de acordo com seus aspectos tipológicos e seu uso e cobertura. Nesse sentido, a metodologia desenvolvida mostrou-se muito eficiente quanto à clareza no processo de cruzamento dos dados na álgebra e suas representações no mapa final. Os resultados apontados pela metodologia puderam ser validados através da verdade de campo e do mapeamento geológico da CPRM considerado mais atual do que o do IBGE utilizado na álgebra.

Palavras-chave: Paisagem. Geoprocessamento. Álgebra de Mapas. Mapeamento. Caracterização.

ABSTRACT

The landscape in the geographical context plays a fundamental role in the distribution of populations and in the use of space. Consequently, studies that seek to understand its units have become increasingly indispensable, especially for managing the sustainable use of the environment. The municipalities of Rosario, Axixá and Icatu together form the right shore of São José Bay where three important rivers flow, among which the Itapecuru River stands out for its size as well as its socioeconomic importance as it is the main source of water supply to the capital of Maranhão and other surrounding municipalities. In addition, these three coastal municipalities, included in the São Luís metropolitan region and which are also part of the Upaon Açu-Miritiba-Alto Preguiças APA, have extremely important physical geographical aspects for the coastal zone of the state, still lacking in of update's studies and mapping. In view of this lack, this research aimed to make an analysis of landscape units through the use of geoprocessing, using the technique of map algebra. From the use of conventional methodologies, it was indispensable to develop an appropriate methodological proposal that met the expectation of the work when the clarity and objectivity of the results. Through the methodology, then developed was made the Geological, Geomorphological, Vegetation and Slope characterization considering the relation of the environment with the proximity of the coastline. After that, the information plans corresponding to each geographic aspect were overlapped by applying map algebra using the ArcGis 10.2 program, from which a total of 10 Landscape Units that were discussed according to their typological aspects and their use and coverage. In this sense, the developed methodology was very efficient regarding the clarity in the process of crossing the data in the algebra and its representations in the final map. The results indicated by the methodology could be validated through the CPRM geology shape considered more current than the IBGE that had been used in algebra and through the field truth.

Key-words: Landscape. Geoprocessing. Map Algebra. Mapping. Characterization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Localização da Área de Estudo	15
Figura 02 -	Esquema Geral de orientação dos estudos de paisagem integrada proposta por Bólos (1981).....	27
Figura 03 -	Fluxograma de definição de sítios	29
Figura 04 -	Resultado preliminar da álgebra de mapas proposta por Chávez e Puebla (2013) aplicada para a área de estudo.....	35
Figura 05 -	Mapa de Geologia utilizando as classes originais	39
Figura 06 -	Mapa de Geomorfologia utilizando as classes originais	41
Figura 07 -	Mapa de Declividade utilizando as classes originais	43
Figura 08 -	A: Ocorrência de <i>Rhizophora mangle</i> observada em campo com inflorescência; B: Ocorrência de <i>Avicennia germinans</i> observada em campo com pneumatóforos; C: Ocorrência de <i>Laguncularia racemosa</i> observada em campo com caranguejo da espécie <i>Aratu Vermelho</i> ao fundo	45
Figura 09 -	Mapa de Vegetação utilizando as classes originais	46
Figura 10 -	Mapas temáticos utilizando suas classes já reduzidas pelo reagrupamento: A: Geologia; B: Geomorfologia; C: Declividade e D: Vegetação.....	49
Figura 11 -	Esquema de Cruzamento e Representação da Álgebra de Mapas aplicada.....	52
Figura 12 -	Mapa de Unidades de Paisagem.....	53
Figura 13 -	Mapa de Uso da Terra.....	58
Figura 14 -	Mapa de Uso da Terra para cada UP pelo princípio da Maioria Zonal.....	59
Figura 15 -	Ilustração de projeto para implantado entre os municípios de São José de Ribamar e Icatu – MA.....	61

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Proposta de Classificação de Bertrand para Unidades de Paisagem.....	25
Quadro 2 - Classes originais de cada aspecto fisiográfico.....	34
Quadro 3 - Caracterização de cada classe geológica apresentada no mapa...	38
Quadro 4 - Características de cada classe de Declividade	42
Quadro 5 - Redução de classes por aspecto geográfico.....	47
Quadro 6 - Reagrupamento das classes para aplicação da álgebra.....	50
Tabela 1 - Código de Referência e Área de cada unidade.....	54
Quadro 7 - Caracterização de cada Unidade de Paisagem (UP).....	56
Quadro 8 - Uso da Terra por Unidade de Paisagem.....	57

LISTA DE SIGLAS

APA – Área de Preservação Ambiental
CIRM – Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DWT – Peso morto em toneladas
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEOMAP – Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento
GERCO – Gerenciamento Costeiro
G. F. W. – Georg Friedrich Wilhelm
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais
PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro
PMGC – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro
PNGC – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
RQA-ZC – Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira
SAGA – Sistema de Análise Geoambiental
SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiente
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SI-GERCO – Sistema de Informações de Gerenciamento Costeiro
SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SMA-ZC – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira
SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SRTM – Shuttle Radar Topography Mission
UP – Unidade de Paisagem
USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos
UTM – Universal Transversa de Mercator
ZC – Zona Costeira
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical
ZEEC – Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro
ZEE MA – Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	Contextualização da Zona Costeira.....	18
2.2	Marcos regulatórios para o gerenciamento da Zona Costeira.....	20
2.3	A Teoria Geossistêmica de Ambientes Naturais.....	25
2.4	Geotecnologias.....	29
3	MATERIAIS E MÉTODO.....	33
3.1	Método de Abordagem.....	33
3.2	Levantamentos Bibliográficos e Cartográficos.....	33
3.3	Processamento dos Dados.....	34
4	CARACTERIZAÇÃO DA ZONA COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE ROSÁRIO, AXIXÁ E ICATU.....	39
4.1	Geologia.....	39
4.2	Geomorfologia.....	42
4.3	Declividade.....	44
4.4	Vegetação.....	46
5	PROPOSTA METODOLÓGICA PARA CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA ZONA COSTEIRA.....	49
5.1	Fase de Reagrupamento.....	49
5.2	Fase de Codificação.....	52
5.3	Fase de Aplicação da Álgebra.....	53
5.4	Fase de Caracterização Tipológica das UP's.....	56
6	A AÇÃO ANTROPOGÊNICA NAS UNIDADES DE PAISAGEM.....	59
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
	REFERÊNCIAS.....	66
	APÊNDICE A – Tabela de Reagrupamento de Classes.....	75
	APÊNDICE B – Uso e Cobertura por Unidade de Paisagem.....	76

1 INTRODUÇÃO

A paisagem no contexto geográfico tem papel fundamental para a distribuição de populações e para o uso do espaço, consequentemente os estudos que buscam sua compreensão tem-se tornado cada vez mais indispensáveis, especialmente para gerir o uso sustentável do ambiente. Não é possível entender qualquer paisagem sem considerar a distribuição dos elementos que a compõem uma vez que toda fauna e flora, além de outros elementos importantes influenciam também na forma como as comunidades se estabelecem e se desenvolvem.

De acordo com os aspectos físicos geográficos de cada ambiente como relevo, clima, geologia e outros, é possível diferenciar cada paisagem. A paisagem costeira, por exemplo, possui um aspecto físico bem diferenciado e muito mais dinâmico do que a continental, isso porque trata-se de uma zona de transição entre continente e oceano também conceituada como Zona Costeira (ZC) onde é possível observar ecossistemas únicos como os manguezais, cordões arenosos, campos de dunas e falésias, por exemplo.

A zona costeira do Brasil faz frente com o Oceano Atlântico que é um dos principais responsáveis pela forte dinâmica da região trazendo à costa ondas e correntes que provocam processos de erosão, sedimentação e transporte. Além disso, é considerada uma das maiores áreas litorâneas do mundo e a maior da América do Sul, sendo sítio de uma vasta biodiversidade com inúmeras espécies de fauna e flora que sustentam todo um equilíbrio ecológico estabelecido ao longo de milhares de anos.

A região nordeste, em especial está sob efeito da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que traz os ventos alísios para a costa e propicia um ambiente com frequentes precipitações, com isso é classificada com o clima de tropical úmido a semiárido, de acordo com a última atualização da classificação climática de Köppen-Geiger (1936) feita por Peel *et al.* (2007). Desta forma, o clima da região é fator determinante na formação e estruturação do relevo caracterizando assim suas formas geomorfológicas observadas na paisagem.

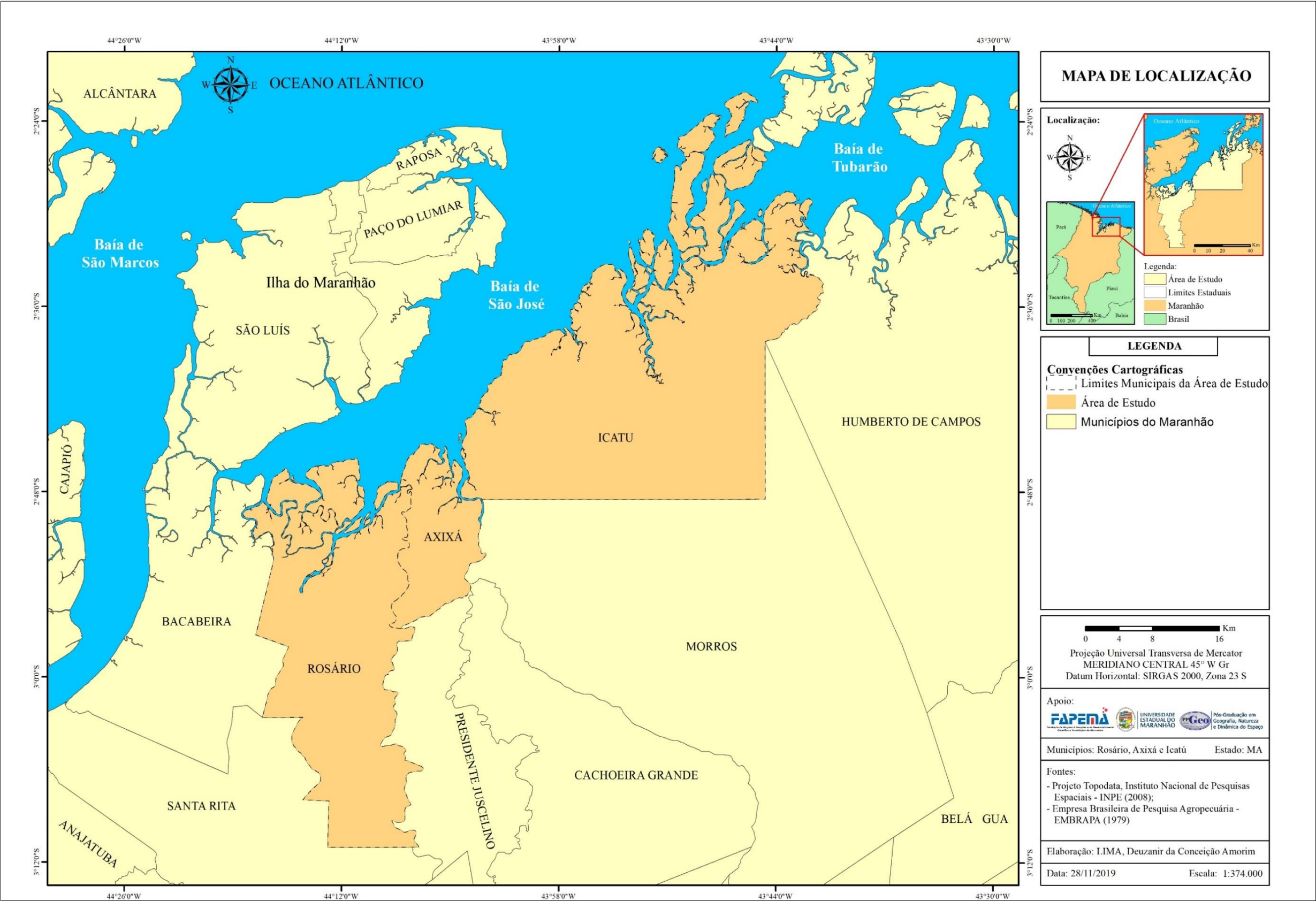
No Maranhão, a costa recortada também é resultado da atuação das correntes marinhas e da ação das ondas que ao longo de anos condicionaram a formação do Golfão Maranhense. Apesar disso é observado também um ambiente

predominantemente deposicional na costa leste do estado, o que permite afirmar que a zona costeira do estado é um ambiente de transição no que se refere a processos erosivos e deposicionais. Essa zona de transição é observada principalmente, a partir do setor leste da zona costeira do estado, no limite direito das baías de São José e do Tubarão, onde já se começa a perceber a dominância de dunas antigas e recentes, fixas e moveis evidenciando a consolidação desse aspecto sedimentar. Os municípios de Rosário, Axixá e Icatu, juntos formam a margem direita da baía de São José que se limita ao norte pela Baía do Tubarão onde já se situa o município de Humberto de Campos. O presente trabalho concentrou seus esforços nessa região visto que a Baía de São José é a segunda baía mais importante do Golfão Maranhense em termos econômicos e ambientais, perdendo somente para a Baía de São Marcos que se configura como a mais importante por conta da sua navegabilidade e do fator econômico já que se consolidou como pilar da economia para basicamente todo o estado através da importação e exportação de cargas gerais e granéis sólidos e líquidos, não sendo, portanto priorizada neste trabalho devido à saturação de trabalhos científicos a cerca desta.

Para estudo das unidades de paisagem no cenário da dinâmica costeira, nessa região, é necessário analisar o ambiente através de um olhar multidisciplinar, considerando por exemplo, dentre outros fatores, a geologia, a geomorfologia, a declividade e a vegetação da área estudada, já que estes são aspectos físico geográficos intrinsecamente ligados a distribuição da paisagem no espaço geográfico. As pesquisas que envolvem a análise da distribuição das paisagens ocorridas em detrimento da relação entre esses atributos naturais têm se desenvolvido cada vez mais e hoje em dia, essa distribuição territorial pode ser gerada com muito mais precisão em um ambiente de SIG através de tecnologias recentes eficazes como a álgebra de mapas em geoprocessamento aplicado.

Com base nisto, o objetivo deste trabalho foi analisar as unidades de paisagem da zona costeira dos municípios de Rosário, Axixá e Icatu – MA, através de geoprocessamento. Para tal tendo feito antes (1) a caracterização da zona costeira dos municípios de Rosário, Axixá e Icatu (Figura 1); que serviu de base para o (2) estabelecimento das unidades de paisagem da zona costeira a partir da sua classificação utilizando a técnica de álgebra de mapas e assim por fim (3) fazer a análise da ação antropogênica sobre a disposição das unidades de paisagem.

Figura 1 - Localização da Área de Estudo.



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Contextualização da Zona Costeira

A zona costeira, segundo Komar (1998), pode ser definida como a zona de confluência marítimo-terrestre. Neste ambiente são encontradas as baías, estuários, planícies de maré com ou sem presença de mangue, marismas, praias arenosas, falésias, campos de dunas, tabuleiros, ou seja, todos os ambientes ligados geneticamente com o meio costeiro.

Dentre esses, um dos componentes mais importantes da Zona Costeira (ZC) são os estuários, sendo estes, corpos d'água costeiros considerados ambientes de transição entre o continente e o oceano, que apresentam uma livre conexão com o mar aberto e estão sujeitos à influência de vários agentes motores como as ondas, marés e os ventos. Tais agentes são responsáveis pela geração de correntes, o que faz com que as zonas costeiras se tornem sistemas geomorfologicamente dinâmicos e heterogêneos (FRAGOSO JUNIOR *et al* 2008, *apud* AZEVEDO 2012, p.31).

Conforme Miranda *et al.* (2002), muitos ambientes estuarinos ao longo da ZC brasileira forneceram local propício para o desenvolvimento de grandes e médias cidades e, como consequência de fenômenos naturais e antrópicos, vêm sofrendo alterações nos processos de erosão e sedimentação, na circulação das águas, nas correntes de marés e na qualidade da água. Desta forma, as referidas intervenções, notadamente as de origem antrópica, tem provocado significativas modificações na dinâmica costeira e nas unidades de paisagem existentes.

É relevante considerar que a configuração atual da costa do planeta é resultado do arcabouço geológico e dos processos ocorridos nos últimos 21.500 anos, após o último máximo glacial quando o mar subiu mais de 100m e inundou a maior parte das plataformas continentais do planeta (AZEVEDO, 2012, p.31). Vivemos em um período de nível do mar alto, ou seja, em apenas 3% do tempo dos últimos 2 milhões de anos, o nível médio do mar esteve tão ou mais alto que o atual (PIRAZZOLI, 1996). Alguns desses processos que ocorrem na costa desde a origem do mundo e são fundamentais nessa constante configuração e reconfiguração da zona costeira, são: Erosão, Transporte, Sedimentação, Ondas, Marés e Correntes.

A erosão é o processo de remoção e transporte do material resultante do intemperismo e que pode resultar em diferentes fisionomias do relevo, onde seus

principais agentes são a água, o vento e o gelo (BRANCO, 2014). Existem vários tipos de erosão, dentre as quais se destacam as seguintes: erosão pluvial, fluvial, marinha, glacial, eólica e a antrópica. Todos os tipos de erosão citados atuam na área de estudo, exceto a glacial.

A erosão costeira é um tema muito estudado, especialmente entre pesquisadores da área ambiental. Isto acontece por ser a zona costeira um local de interação entre ar, terra e mar, o que tem atraído comunidades acadêmicas de diferentes áreas do conhecimento. A ZC é onde os mais diferentes tipos de uso do solo são encontrados, o que também explica o interesse desses estudiosos que buscam entender sua alta energia e dinâmica responsável pela modificação constante da paisagem, bem como pelos eventos e desastres, de moderada a elevada energia, responsáveis pela destruição das obras de infraestruturas, prejuízos econômicos e perdas de vidas humanas.

Nesta perspectiva, Garrison (1942) já chamava atenção para a discursão das costas do tipo erosivas, onde as conceituava como sendo costas novas nas quais os processos predominantes são os que removem materiais.

Dentre os fatores que modelam a costa, estão: o embate das ondas sobre as rochas, o fluxo erosivo em eventos de tempestade, abrasão das partículas carregadas pelo vento, alternância entre congelamento e descongelamento das águas nas fissuras das rochas, infiltração de raízes das plantas, elevada precipitação, dissolução pelos ácidos dos solos, das plantas e animais, escorregamentos. (GARRISON, 1942, p. 237,238).

Dieter Muehe (2018), aponta dados sobre o panorama de erosão costeira no Brasil onde é mostrado que “nas regiões Norte e Nordeste do país, cerca de 60 a 65% da linha de costa está sob processo erosivo, ao passo que no Sudeste e Sul esse percentual, com cerca 15% é bastante inferior”, ressaltando, no entanto que, “no Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, o percentual de trechos com indicação de tendência erosiva, que são as áreas com sinais de erosão que não refletem no recuo da linha de costa, é significativo embora a resposta morfológica do perfil de praia seja de erosão quando houver *déficit* sedimentar considerando que a estabilidade das praias é o resultado do balanço de sedimentos que transitam em determinado trecho”.

O transporte é um processo derivado da retirada de sedimentos através de processos erosivos de um determinado local e é resultado de uma combinação de fatores naturais como ação de ventos que geram ondas e correntes, da força

gravitacional que geram as marés, da descarga de rios que são responsáveis pelas correntes fluviais e de outros fatores.

De acordo com Carvalho (2008), os agentes que atuam no transporte, fundamentalmente são os mesmo que atuam na erosão, de forma que os principais transportes ocorrem por águas pluviais, fluviais, correntes litorâneas, ventos, geleiras e movimentos de massa. O vento provoca o deslocamento de partículas sedimentares de barlavento para sotavento e embora esse comportamento seja característico de desertos é possível observá-lo também em planícies costeiras como mostra o trabalho realizado por Santos (2008) na região costeira onde se encontra o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses que conta com uma extensa área coberta por dunas de vários tipos e idades geológicas compostas de sedimentos transportados principalmente pelos ventos alísios.

Segundo Garrison (1942, p. 98, 99) as correntes marinhas distribuem areia e partículas maiores ao longo da costa, enquanto a ação das ondas carrega argila para águas mais profundas e quando a profundidade não permite a ação das ondas o sedimento mais fino pode se depositar ou continuar a ser transportado pelas correntes de fundo.

Isso nos leva ao processo de sedimentação que é resultado do transporte de sedimento seja este de origem, fluvial, fluviomarinha ou marinha. É decorrente dos processos de erosão que ocorrem e que deslocam partículas de sedimento de uma área a outra. Portanto, é quando as partículas transportadas alcançam áreas da coluna d'água onde a velocidade das correntes se aproxima de zero ou se anulam completamente. Nos rios esse fenômeno físico ocorre nas margens mais distantes da calha do rio dando origem aos conhecidos meandros, já em ambientes costeiros geralmente ocorre no sopé do talude ou ao longo da plataforma continental quando esta é mais extensa.

Bartelli (2012) caracteriza sedimentação como o conjunto de processos erosivos atuantes em determinada área, abrangendo intemperismo e os demais eventos erosivos, responsáveis pela formação do solo e aporte do mesmo.

As ondas, por sua vez, são um fator oceanográfico que tem o poder de reconfigurar a costa de acordo com a intensidade da sua energia, Schmiegelow (2004) as considera como a principal fonte de energia para a movimentação da areia em ambientes de praia.

É importante frisar que, boa parte da costa é composta por praias que podem ser classificadas de acordo com seu estado morfodinâmico, como refletivas quando as ondas são grandes e ocasionam grande inclinação e granulometria da praia, ou dissipativas quando as ondas atingem menor altura e propiciam menor inclinação e granulometria.

O mecanismo pelo qual as ondas modificam as praias baseia-se na ascensão dos grãos de areia pela turbulência que acompanha a passagem de uma onda, e a queda destes mesmos grãos sobre o fundo, quando a onda não exerce mais força ascensional sobre eles. Levando-se em conta que milhões de grãos de areia estão sendo continuamente removidos e recolocados, a praia tem sua configuração alterada. (SCHMIEGELOW, 2004).

De maneira similar, as marés e correntes, têm grande influência sobre a disposição das unidades de paisagem, especialmente através do processo de transporte de partículas e sedimentos através da água. À medida que bancos de areia e planícies lamosas se formam o tipo dos sedimentos acumulados ou transportados, define o tipo de vegetação que pode ou não se fixar em determinada área, possibilitando o desenvolvimento de ecossistemas costeiros diferentes.

Deste modo, a linha de costa sofre alterações de cunho natural constantemente, uma vez que é a linha limítrofe entre continente e oceano, recebendo assim o primeiro impacto das ondas e correntes em áreas emersas. Além disso, autores como Silva *et al.* (2008), Gonçalves e Santos (2005) e outros, chamam atenção para a ação das ondas e das correntes no processo de progradação e retrogradação da linha de costa, o que afeta diretamente e de forma negativa os empreendimentos do setor imobiliário nessa região. Nesse sentido, Scapin (2005) traz a luz das discussões uma das problemáticas mais comuns atualmente, que é a aceleração desses processos causada pela ação antrópica através da ocupação desordenada do território costeiro causando danos, em algumas situações até irreversíveis.

E embora muitos gestores tentem atenuar os efeitos das ondas e correntes sobre a linha de costa em todo o Brasil e no mundo, ainda é impossível fazer esse tipo de controle, o que leva os gestores a muitas tentativas frustradas ou bastante temporárias de conter processos erosivos ou deposicionais com estruturas como os espigões e barra mar, por exemplo.

Enfim, todos esses processos que ocorrem na zona costeira a caracterizam com uma condição de alto dinamismo, principalmente se comparado as regiões no

interior do continente e podem ainda ser classificados como hidrodinâmicos e geodinâmicos que por sua vez, são fundamentais no estabelecimento e evolução das feições que compõem as unidades de paisagem dessas regiões costeiras e litorâneas. Os efeitos gerados por estes, podem ser, tanto de curto prazo, quanto de médio e longo prazo. Os movimentos externos que atuam na superfície da Terra caracterizando esses processos são chamados de exógenos e englobam além do intemperismo físico, químico e biológico, a erosão que, como já exposto acima, se refere à remoção do material intemperizado e a acumulação que se refere ao material removido e transportado pela erosão que é posteriormente depositado (FLORENZANO, 2008). Com tanto dinamismo modificando constantemente os seus aspectos geomorfológicos, não é inesperado que o litoral se torne muitas vezes inapropriado a ocupação humana. Nesse sentido, Muehe (1998), também já destacava que,

A crescente ocupação do espaço costeiro e sua utilização econômica com impactos, cuja somatória tende a provocar alterações levando à degradação da paisagem e dos ecossistemas, podendo chegar à própria inviabilização das atividades econômicas, vem despertando na sociedade a convicção da necessidade de, através da pesquisa científica e de ações de gerenciamento, monitoramento e educação ambiental, encontrar uma situação de equilíbrio entre uso e preservação do meio ambiente. (MUEHE, 1998. p. 273)

No Brasil, essa crescente ocupação é refletida por um litoral que tem a maior parte da sua área sendo sítio dos grandes centros urbanos com construções de grande porte e de grande destaque no setor imobiliário já que geralmente são os metros quadrados mais caros. Com isso tem-se também toda a problemática que acompanha essa ocupação como, por exemplo, o lançamento de esgoto nas praias, a necessidade de obras costeiras para garantir a falsa sensação de segurança dos moradores em relação a erosão, a perda de vegetação especialmente do mangue, que atua como proteção natural da linha de costa, entre outras.

2.2 Marcos regulatórios para o gerenciamento da Zona Costeira

A Zona Costeira (ZC) desde sempre teve grande potencial econômico e estratégico e isso foi muito explorado pelas primeiras civilizações tanto para própria subsistência dos povos quanto para explorar e dominar outras terras. As primeiras navegações foram palco de muitas descobertas e o pilar econômico do mundo. Não

obstante, foi a porta de entrada para a colonização do Brasil bem como a exploração massiva dos seus recursos naturais (IBGE, 2011). Considerando épocas mais recentes na história da ZC brasileira, podemos pontuar que a especulação urbana do território costeiro e a vasta gama de biodiversidade tanto de fauna quanto de flora compreendida nos ecossistemas, são fatores que precisam buscar a harmonia da coexistência sustentável, na qual uma não se sobreponha de forma prejudicial a outra. No entanto, infelizmente o que observamos atualmente é o avanço desordenado da urbanização que incide constantemente sobre a ZC.

Pensando na preservação dos recursos naturais que abriga a ZC do Brasil, surgiu na década de 70 a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) e a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA) criada por meio do Decreto nº 73.030, de 30 de outubro de 1973 (BRASIL, 1973). A partir deste ponto, instituiu-se em 1981, paralelo a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Recursos do Mar na qual foi constatada grande deficiência já que caminhava por um viés setorial e economicista (MMA, 1996). Ainda segundo este autor, a primeira iniciativa de fato, com foco na Zona Costeira foi o Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro em 1982 com o paradigma inicial da implantação de um programa de zoneamento costeiro para todo o litoral Brasileiro, englobando 12 milhas náuticas no mar, na escala de 1:100.000 e com base nisso a CIRM publicou em 1987 o Programa de Gerenciamento Costeiro no qual especificava a metodologia de zoneamento e o modelo institucional para que os estados aplicassem em seus territórios.

Em seguida veio o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) instituído pela Lei nº7.661 em 1988 (BRASIL, 1998), como parte das Políticas Nacionais dos Recursos do Mar e do Meio Ambiente. A primeira versão do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) instituída na 25ª Reunião Ordinária do CONAMA foi publicada em 1990 através da Resolução CIRM nº001/90 (BRASIL, 1990) sob a qual nos termos desta pôde-se definir a faixa terrestre da zona costeira como os vinte quilômetros perpendiculares contados a partir da linha de costa, só então se obteve o estabelecimento de uma base legal para o planejamento ambiental da ZC (MMA, 2015). Considerando as falhas do PNGC I que tinha enfoque somente na atuação estadual e deixava a desejar nas instâncias da União e dos municípios, formalizou-se o PNGC II em 1997, publicada por meio da Resolução nº 005/97 da CIRM (BRASIL, 1997) com o foco nas políticas setoriais da União. O PNGC II define

então, como conceito de Zona Costeira, o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos ambientais, bem como determina como área de abrangência da Zona Costeira a faixa marítima de doze milhas náuticas das linhas de base sentido mar a fora e a faixa terrestre formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na Zona Costeira, sendo estes definidos como:

a) Os municípios defrontantes com o mar, assim considerados em listagem desta classe, estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE); b) os municípios não defrontantes com o mar que se localizem nas regiões metropolitanas litorâneas; c) os municípios contíguos às grandes cidades e às capitais estaduais litorâneas, que apresentem processo de conturbação; d) os municípios próximos ao litoral, até 50 km da linha de costa, que aloquem, em seu território, atividades ou infraestruturas de grande impacto ambiental sobre a Zona Costeira, ou ecossistemas costeiros de alta relevância; e) os municípios estuarinos-lagunares mesmo que não diretamente defrontantes com o mar, dada a relevância destes ambientes para a dinâmica marítimo-litorânea; e f) os municípios que, mesmo não defrontantes com o mar, tenham todos os seus limites estabelecidos com os municípios referidos nas alíneas anteriores.” (MMA, 2015; PNGC II, 1997)

O PNGC II trouxe em anexo ainda a listagem dos municípios costeiros de cada estado estabelecidos dentro das diretrizes acima, sendo classificados como municípios costeiros do Maranhão: Carutapera, Luís Domingues, Godofredo Viana, Cândido Mendes, Turiaçu, Bacuri, Cururupu, Cedral, Guimarães, Bequimão, Alcântara, Cajapió, São João Batista, Anajatuba, Santa Rita, Rosário, São Luís, Raposa, Paço do Lumiar, São José de Ribamar, Axixá, Icatu, Humberto de Campos, Primeira Cruz, Barreirinhas, Tutóia e Araisos (PNGC II, 1997).

A partir desta compreensão, o PNGC II determinou os seguintes instrumentos de gestão: Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC), Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC), Sistema de Informações de Gerenciamento Costeiro (SI-GERCO), Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA-ZC), Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC), Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) e o Plano de Gestão da Zona Costeira.

Em 1994, em São Luís do Maranhão as equipes de onze estados das regiões Norte e Nordeste, envolvidas nos estudos do Gerenciamento Costeiro (GERCO) se reuniram para discutir e experimentar na prática os passos metodológicos necessários ao desenvolvimento do Macrozoneamento Costeiro com

objetivo de definir parâmetros e diretrizes para a realização do Zoneamento Costeiro, porém este feito se ateve somente aos municípios da Ilha de São Luís, considerando apenas São Luís, Paço do Lumiar e São José de Ribamar (OGATA, 1995).

Através do Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004 (BRASIL, 2004) que regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988 (BRASIL, 1998), a presidência da república decretou no Art. 2º Inciso XIII: o trecho da orla marítima definida como a seção da orla marítima abrangida por parte ou todo da unidade paisagística e geomorfológica da orla, delimitando como espaço de intervenção e gestão; e no Inciso XIV: o trecho da orla marítima de interesse especial como parte ou todo da unidade paisagística ou geomorfológica da orla com existência de áreas militares, tombadas, de tráfego aquaviário, instalações portuárias, instalações geradoras e transmissoras de energia, unidades de conservação, reservas indígenas, comunidades tradicionais e remanescentes de quilombos.

Enfim, todo esse aparato jurídico deu subsídio para a fomentação de inúmeros trabalhos relacionados a zona costeira, em sua maioria visando a melhor e mais adequada gestão desse espaço, super valorizado, a partir de análise técnica ou até de mapeamento. Isso, seja a nível nacional com trabalhos como o de Moraes (2007) e Neves e Muehe (2008), ou a nível regional como os trabalhos de Bezerra *et al.* (2008), Teixeira e Souza-Filho (2009) e Souza *et al.* (2011).

2.3 A Teoria Geossistêmica de Ambientes Naturais

A ciência geográfica tem evoluído a cada debate proposto e a cada pesquisa científica elaborada, no entanto, em grande parte das vezes, é observando as teorias fundadas que se encontram as repostas buscadas para as hipóteses levantadas.

O grande desafio da geografia, que é também o que induz a sua constante evolução, é trazer a luz das discussões a relação entre ambiente natural e sociedade, bem como os impactos dessa relação para ambos. Alguns autores renomados se propuseram a levantar essa questão em seus trabalhos hoje bastante reconhecidos como bases indispensáveis para o desenvolvimento da ciência, como por exemplo, Bertrand (1968) e Sotchava (1978) que trouxeram para a geografia a teoria dos geossistemas.

Muitos reconheceram em suas obras a importância da paisagem e do estudo cartográfico das unidades que as compõem. De acordo com Bertrand (1968) a representação cartográfica da paisagem exige um inventário geográfico completo e a análise deve ao menos descer ao nível das geofácies com levantamentos geomorfológicos, pedológicos, fitogeográficos, exame das águas superficiais entre outros. O autor ressalta ainda que a interpretação das fotografias aéreas constitui um apoio precioso por que ela fornece uma visão sintética e instantânea das paisagens.

A teoria dos geossistemas nasceu da discussão sobre a Teoria Geral dos Sistemas, onde, embora muitos autores renomados como Bertrand (1968), Tricart (1977), Christofolletti (1979) e outros se destaquem, é Sotchava (1978) quem traz a luz das discussões essa tão citada teoria dos geossistemas.

Os geossistemas, segundo Sotchava (1978), eram por ele considerados como aquele nos quais os processos da dinâmica transformadora e estabilizadora se manifestam simultaneamente, chamando esse processo de homeostasia, nesse sentido, eram priorizadas as análises do geossistema natural.

Tricart (1977) adotou o conceito de sistemas pela ecologia, elaborando a noção de ecossistema e enfatizando a melhora da geografia física e o reequilíbrio do próprio ecossistema. O autor assumiu ainda que:

O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado ao conceito de ecossistemas. Baseia-se no instrumento lógico de sistema e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e fluxos de energia/matéria no meio ambiente. (TRICART, 1977, p.32)

Por mais que Tricart não tenha desconsiderado o fator humanidade em suas análises geossistêmicas é evidente em suas obras que sua abordagem era mais naturalista diferente de Bertrand (1968) que, posteriormente, na Conferência de Abertura do VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada (TORRES, 2003), propõe uma análise mais abrangente incluindo a análise de território e de uma visão mais humana da paisagem trazendo uma atualização, ou pode-se também dizer, outra versão da Teoria dos Geossistemas que é Geossistema-Território-Paisagem (GTP) (BERTRAND, 1997).

Embora Georges Bertrand tenha mudado sua concepção do termo geossistema passando a incluir como indispensável os componentes da natureza impactada pela ação da sociedade, pode-se observar ainda hoje uma vasta área que

sofre pouco ou nenhum impacto antrópico, sendo possível nesses ambientes considerar nas discussões apenas os seus aspectos e unidades naturais.

Autores como, Christofletti (1979) que aplicou a teoria dos sistemas à geomorfologia e destaca as dificuldades em delinear o geossistema em foco; Ab'Sáber (1990) que afirmou ainda existir possibilidades razoáveis para uma caracterização dos espaços naturais mesmo diante da situação complexa de organização do Brasil e que em sua obra Domínios da Natureza enfatiza as potencialidades paisagísticas brasileiras (AB'SÁBER, 2003) e ainda Troppmair (2006) que, considera falsa a afirmativa de que a ação antrópica modifica ou descaracteriza profundamente o geossistema e conclui que geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria; são autores que também possuem abordagens naturalista dos geossistemas.

Para, além disto, Bertrand (1971) também já havia classificado as unidades de paisagem de acordo com sua dimensão e conseqüentemente a escala a que se enquadra, onde estas são consideradas como geótopos ou geofácies dentro de um geossistema em uma classe maior que são as morfoestruturas inferiores.

O geofácies corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema. Em relação a superfície coberta algumas centenas de km² em média, os geofácies se situa na 6ª grandeza de escalas de A.Cailleux e J. Tricart. (BERTRAND, 2004).

Partindo desse pressuposto consideramos neste trabalho que a Baía de São José é uma geofácia integrante de um geossistema maior que engloba todas as bacias hidrográficas, também consideradas geofácies, que deságuam nela, como por exemplo, a Bacia do Rio Paciência, a Bacia do Rio Santo Antônio, a Bacia do Rio Geniparana, a bacia do rio Guarapiranga, a Bacia do Rio Tibiri, a Bacia do Rio Inhaúma, a Bacia do Rio Perizes, a Bacia do Rio Itapecuru e a Bacia do Munim. Considerando os conceitos apresentados, nesse trabalho são considerados Geótopos as unidades de paisagem correspondentes às feições geomorfológicas costeiras (Quadro 1).

Quadro 1 – Proposta de Classificação de Bertrand para Unidades de Paisagem.

CLASSIFICAÇÃO DE UNIDADES DE PAISAGEM PROPOSTA POR BERTRAND			
UNIDADE DE PAISAGEM	Escala Têmporo-Espacial (A. CAILLEUX J. TRICART)	EXEMPLO TOMADO NUMA MESMA SÉRIE DE PAISAGENS	EXEMPLO TOMADO PARA A ÁREA DE ESTUDO
Zona	G: grandeza G. I	Temperada	Tropical
Domínio	G. II	Cantábrico	Nordeste
	G. III-IV	Picos da Europa	Golfão Maranhense
Região Natural Geossistema	G. IV-V	Geossistema Atlântico montanhês, calcário sombreado com faia higrófila a “Aspérula adorata” em terras fuscas)	Baía de São Jose
Geofácies	G. “VI	Prado da ceifa com “Molinio-Arrhenatheretea” em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito orgânico morâinico	Bacias hidrográficas (Bacias do Rio Paciência, do Rio Santo Antônio, do Rio Geniparana, do rio Guarapiranga, do Rio Tibiri, do Rio Inhaúma, do Rio Perizes, do Rio Itapecuru e do Munim)
Geótopo	G. VII	“cadiés” de dissolução com “Aspidium Londhitis SW” em microsolo tímido carbonarado em bolsas	Feições geomorfológicas (Mangue, Planícies Litorâneas, Campos de Dunas, Terraço Fluviais, Baixada Maranhense)

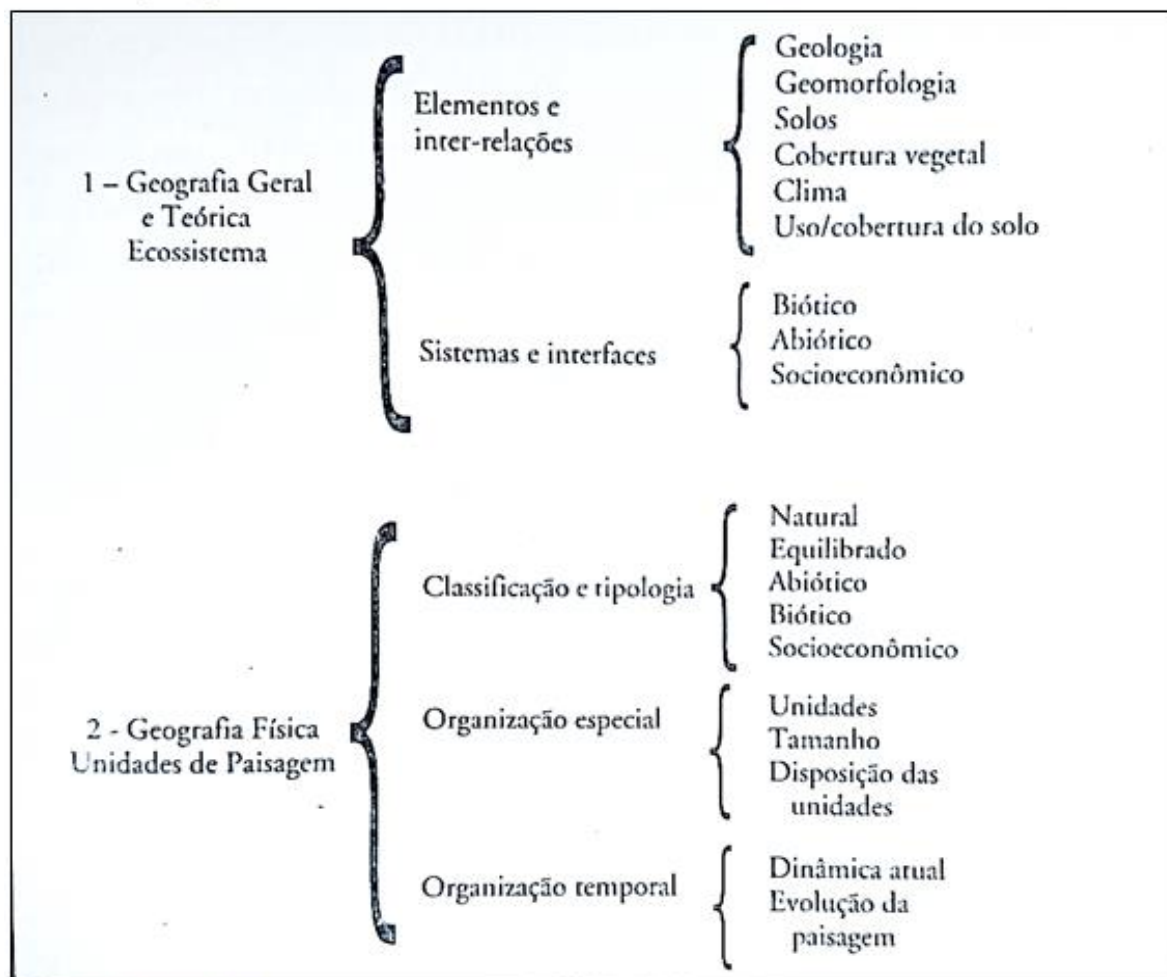
Fonte: Adaptado de Bertrand e Bertrand (2007, p.16).

Ainda neste viés, Moura-Fé (2014) apresenta também, duas perspectivas básicas sobre a paisagem, uma que é descritiva e se detém a enumeração dos elementos presentes e na discussão das formas, conhecida como morfológica e a outra que descreve a relação entre os elementos e a dinâmica entre eles, que por sua vez é a perspectiva de paisagem adotada neste trabalho.

Bolós (1981), igualmente corrobora com Bertrand (1968), quando afirma que, através da análise sistêmica no estudo da paisagem, a geografia se adapta ao estudo do geossistema, buscando diagnósticos e prognósticos através das observações feitas. Nesse sentido, a autora ainda propõe uma classificação bastante consistente para unidades de paisagem levando em consideração três critérios fundamentais, sendo estes o tipo de sistema, tamanho e tempo dando ênfase a

necessidade de se efetuar um inventário dos elementos físico-naturais e socioeconômicos, em que a paisagem é analisada quanto a sua tipificação conforme detalha a Figura 2 abaixo:

Figura 2 - Esquema geral de orientação dos estudos de paisagem integrada proposta por Bólos (1981).



Fonte: Bólos (1981)

2.4 Geotecnologias

O advento da tecnologia trouxe muito mais possibilidades para a ciência, nesse sentido o desenvolvimento de técnicas de geoprocessamento tem sido extremamente úteis para várias áreas do conhecimento desde a segurança pública até a discussão sobre desastres naturais. Um forte exemplo disso é o programa Sistema de Análise Geoambiental (SAGA) que, enquanto tecnologia de geoprocessamento, segundo DIAS (1999, p.33) “permite realizar investigações

oferecendo produtos digitais básicos e aplicados para as análises de cada Situação Ambiental definida”.

Segundo Rosa (2013) o termo Geoprocessamento é mais comumente utilizado no Brasil e é fruto de rivalidades entre intelectuais das correntes europeias e americanas. Esse termo é geralmente empregado por profissionais que trabalham com informações referenciadas.

Dias *et al.* (2004, p.144) conceitua o geoprocessamento como a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas e permite realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados.

Xavier-da-Silva (2016), também traz outro conceito que sintetiza as atribuições do geoprocessamento e chama atenção para a sua importância no apoio a decisão:

O Geoprocessamento entende-se como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas dirigidos a transformação de dados ambientais georreferenciados em informação relevante para a compreensão e o manejo de ambientes, existindo atualmente o risco de ocorrer, algumas vezes, certo afastamento deste nobre objetivo. Tal acontece quando os tratamentos de dados ambientais se dirigirem a objetivos específicos que, se bem que possam ser valiosos por representarem um aprofundamento do conhecimento científico, também representam, algumas vezes, parcelas relativamente reduzida de contribuição para a geração do muito necessário arcabouço de entendimento do ambiente, que é a base racional do manejo ambiental. Essa deficiência é manifestada quanto à contribuição no apoio a decisão. (XAVIER-DA-SILVA, 2016)

Antunes (2001) aponta que a evolução das tecnologias associadas à Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitiu que seus custos baixassem significativamente facilitando o compartilhamento de experiências nas mais diferentes áreas do conhecimento. Além de ser um importante advento para espacialização de dados tanto ambientais quanto sociais, bem como o cruzamento destes gerando informações fundamentais para gestão do território e de seus recursos naturais.

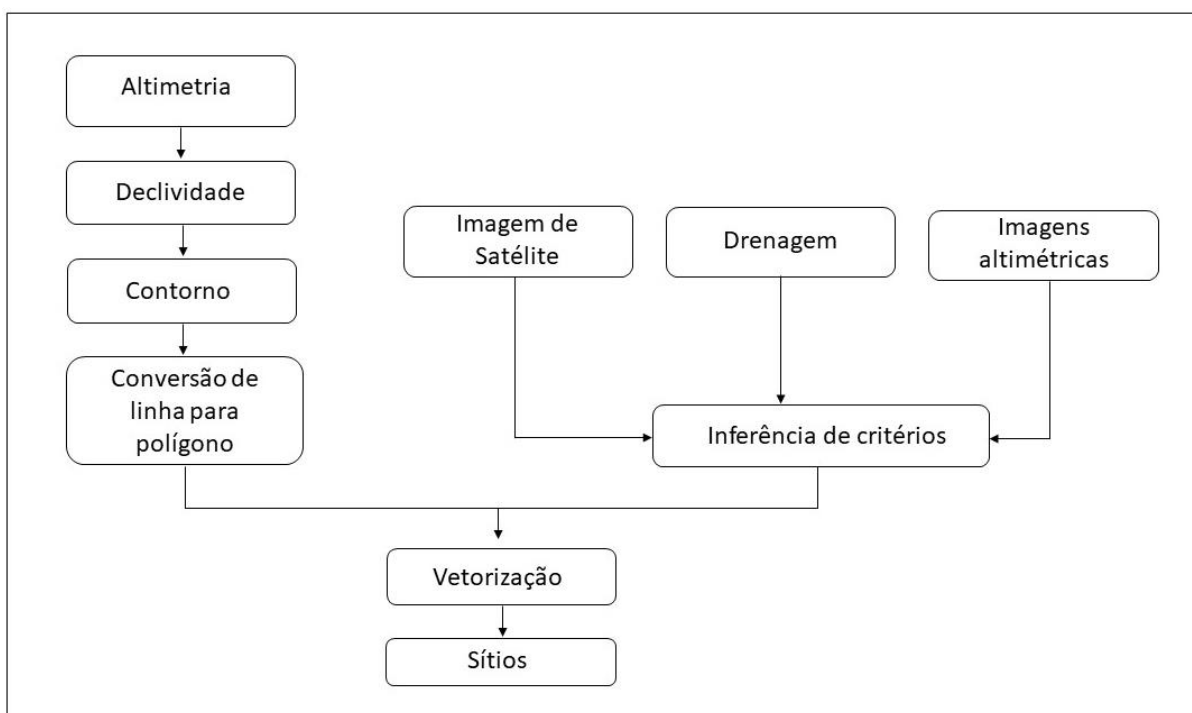
Os russos Isachenko e Reznikov (1996) destacaram bem essa importância em seu estudo sobre a dinâmica da paisagem com enfoque nos estados vegetacionais e pedológicos no qual fazem uma correlação estreita entre esses estados e os seus respectivos sítios, no entanto essa correlação é baseada prioritariamente em dados ambientais observados em campo, diferente do presente trabalho no qual se utiliza as visitas a campo exclusivamente para sanar quaisquer dúvidas ou superficialidades na

interpretação das imagens matriciais de satélite utilizadas para dar suporte na interpretação visual dos elementos imageados e consequentemente das potenciais unidades de paisagem.

Desse modo, Cavalcanti (2014) é quem traz às mesas de luz, o recomendado para a cartografia feita por interpretação de dados temáticos e imagens, quando pontua que nestes casos o interessante é que seja realizado um levantamento das paisagens ainda em laboratório com o objetivo de conhecer a organização espacial destas, reforçando ainda a necessidade de agrupar unidades com características semelhantes quando o objetivo é, assim como o deste trabalho, realizar a tipologia de paisagens.

O autor, que não se atém somente a um tipo de metodologia, faz na verdade um apanhado das mais importantes técnicas de representação cartográfica das paisagens, onde mostra ainda outra forma de identificar a estrutura das paisagens que é através da modelagem cartográfica baseada em sensoriamento remoto e geoprocessamento, da qual aqui utilizamos a técnica conhecida como álgebra de mapas que segue o mesmo princípio de sobreposição de planos de informação para a determinação dos sítios (Figura 3), os quais, neste trabalho, identificam-se como Unidades de Paisagem.

Figura 3 - Fluxograma de definição de sítios.



Fonte: Cavalcanti (2014).

Outros autores (AVELINO, 2011; BARBOSA *et al*, 1998; BRAGATTO *et al.*, 2013; SILVEIRA *et al.*, 2012;) também destacam a importância do uso da álgebra de mapas para dar sustento a multidisciplinariedade da cartografia de paisagens, mas foi Tomlin (1990) que instituiu o termo álgebra de mapas para referir-se ao conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas (TOMLIN, 1990 apud BARBOSA *et al*, 1998). O próprio Barbosa (1999) definiu mais tarde, a álgebra de mapa como o termo utilizado na literatura de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para denotar o conjunto de operadores que manipulam campos geográficos como imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Métodos de Abordagem

O método científico hipotético-dedutivo, que caracteriza esse estudo, parte de um problema para o qual se oferece uma solução provisória, a partir dessa solução passa-se a criticar a solução proposta em busca da eliminação de um erro e esse processo renova a si mesmo dando surgimento a novos problemas (MARCONI e LAKATOS, 2003).

Já segundo Bunge (1974), as etapas são outras: Colocação do problema, construção de um modelo teórico (seleção de fatores pertinentes e invenção das hipóteses), dedução de consequências particulares (procura de suportes racionais e empíricos), teste das hipóteses e adição ou introdução das conclusões na teoria (MARCONI e LAKATOS, 2003).

3.2 Levantamentos Bibliográficos e Cartográficos

O estudo foi realizado no Espaço Discente e Laboratório de Geociências da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), com suporte ainda do Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP) da UEMA e do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Foi feito o levantamento bibliográfico local e geral de produções científicas afins a pesquisa, oficiais ou não, por meio de pesquisa via Periódicos da Capes, assim como busca presencial em Bibliotecas de universidades e com outros pesquisadores da área de materiais não publicados. Dentre as plataformas digitais utilizadas para aquisição de imagens e dados cartográficos estão: Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC) e Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (ZEE - MA).

Foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas ArcGIS como software principal para aplicação da álgebra e construção dos mapas, bem como o Sistema de

Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) como software de apoio para o tratamento e interpretação das imagens de satélite que embora não tenham sido utilizadas para a álgebra propriamente dita, se mostraram muito importantes no processo de pós-classificação dando suporte as informações obtidas em campo considerando a grandeza da área e o contexto geral das informações.

3.3 Processamentos dos Dados

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado às seguintes temáticas que serviram como matriz:

- a) Geologia - Considerada um aspecto importante, por ser a base, o alicerce que reflete a origem das formações consequentes que observamos na superfície terrestre em um contexto mais geral, de forma a definir como a geomorfologia da área se apresenta manifestando os processos de transformações, a origem e a composição dos solos;
- b) Geomorfologia - Porque determina as formações mais superficiais delimitando fisicamente feições do relevo de acordo com sua forma, sua origem dentro do contexto geológico e de transformações recentes e ainda sua dinâmica estrutural baseada na sua relação com os elementos naturais que define dessa forma, junto com o cenário geológico, a declividade;
- c) Declividade - Que é outro fator de relevância ao estudo, uma vez que, por se referir à inclinação do relevo em relação ao horizonte, se relaciona com a transformação da energia potencial em energia cinética, podendo atuar nos processos erosivos e de morfogênese. Além disso, a elevação topográfica determina a extensão das inundações costeiras e esses fatores combinados influenciam diretamente em condições ótimas para diferentes espécies vegetais ditando assim como a vegetação se distribui no espaço;
- d) Vegetação - Que aqui se configura como fator fisiográfico igualmente indispensável no que tange a biodiversidade que se distribui no espaço obedecendo a relação entre todos os demais aspectos físicos da superfície,

desse modo formatando os principais biomas brasileiros que hoje conhecemos sendo estes: Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pantanal, Mangue e Pampas.

Os dados cartográficos referentes a estas temáticas foram obtidos em formato *shapefile* que foram recortados para destacar somente as informações da área de estudo. Desta forma, pôde-se gerar mapas dos aspectos fisiográficos da área de estudo, que representam cada temática, com base nos dados disponibilizados nas bases oficiais considerando cada parâmetro que se buscava analisar. Foi utilizado como critério para definição desses aspectos, a escala de detalhes do trabalho e a grandeza da área. Os arquivos de *shapefile* referentes a Geologia, Geomorfologia e Vegetação, foram obtidos através do site oficial do IBGE na escala de 1:250.000, já para obter os dados de declividade foi necessário extraí-los de duas imagens de radar com resolução espacial de 30m obtidas pela *shuttle radar topography mission* (SRTM) sendo suas referências: 02S45 e 03S45, as mesmas passaram por refinamento com redução de ruído para compatibilidade de escala. A partir desses dados obtidos foi possível a caracterização da zona costeira dos municípios de Rosário, Axixá e Icatu segundo os aspectos definidos, onde os dados tornaram-se informações geográficas importantes para a pesquisa.

As classes de declive foram baseadas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SANTOS *et al*, 2018). Para fins de alinhamento e compatibilidade, os dados cartográficos foram convertidos para a mesma projeção e Datum (UTM-23S e SIRGAS 2000 respectivamente).

Definidos os *shapefile* que seriam cruzados no processo da álgebra, foi feito então um levantamento das classes originais, estabelecidas pelos órgãos oficiais que os fornecem, por meio de consulta as informações contidas em suas respectivas tabelas de atributos (Quadro 2) e posterior reagrupamento dessas classes considerando suas similaridades.

Quadro 2 – Classes originais de cada aspecto fisiográfico.

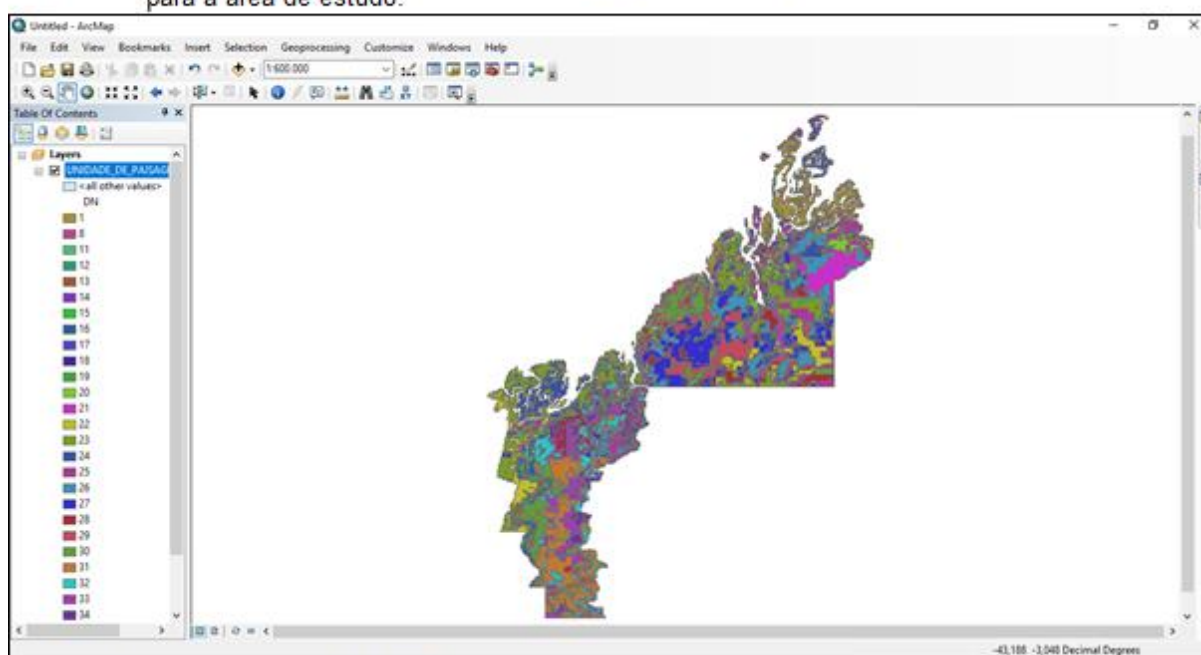
GEOLOGIA Coluna de referência: NM UNIDADES	GEOFORMOLOGIA Coluna de referência: NM UNIDADE
Aluviões Holocênicos Cobertura Detrítico Laterítica Neo Pleistocênica Coberturas Eólicas Holocênicas Coberturas Eólicas Pleistocênicas Coluviões Holocênicos Corpo d'água Continental Depósitos de Cordões Litorâneos Pleistocênicos Depósitos de Pântanos e Mangues Holocênicos Depósitos Litorâneos Holocênicos Formação Itapecuru Granito Areal Suíte Rosário	Baixada Maranhense Litoral de Mangues e Rias Planalto Dissecado do Itapecuru Planícies Litorâneas Planícies e Terraços Fluviais Superfície Sub-litorânea de Bacabal Tabuleiro de Barreirinhas
VEGETAÇÃO Coluna de referência: LEGENDA	DECLIVIDADE (%) SRTM
Contato Savana/Formações Pioneiras Floresta Ombrófila Densa Aluvial Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha Arbórea Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha Herbácea Savana Arborizada sem Floresta de Galeria Vegetação Secundária com Palmeiras Corpo d'água Continental Influência Urbana	0-3 3-8 8-20 20-45 45-75

Fonte: Lima (2020).

Na sequência, fora aplicada a metodologia mais comum de classificação de paisagem que caracteriza os tipos de indivíduos (UP's) desenvolvida pelos cubanos Puebla *et al.* (2009) e Chávez e Puebla (2013), que propõem a confecção de mapas de paisagem com enfoque topológico baseado na distinção de geocomplexos formados pela interação dos componentes naturais com a ação humana, onde para obter o mapa final das unidades de paisagem é preciso primeiro, gerar um mapa das unidades morfológicas do relevo (geoformas) a partir do cruzamento da altimetria com declividade, do qual é feito um reagrupamento que leva ao mapa das unidades de primeira ordem, fazendo em seguida o cruzamento desse mapa de unidades morfológicas com o mapa de clima para obter um mapa de unidades de segunda ordem que por sua vez é cruzado com o mapa de geologia e o resultado deste é

cruzado com o mapa de solos e enfim o resultado deste é cruzado com o mapa de vegetação e uso do solo para só então, obter o mapa final caracterização das unidades de paisagem. É notável que este processo é trabalhoso e complexo, de tal maneira que traz consigo grande subjetividade, além disso, embora esta metodologia já tenha sido reafirmada por vários autores como Bragatto *et al.* (2013), Silveira *et al.* (2012) e outros, o resultado atingido para área de estudo não foi satisfatório no quesito clareza do processo referente a aplicação da álgebra e representatividade dos dados cruzados no mapa final gerado conforme observa-se na Figura 4.

Figura 4 - Resultado preliminar da álgebra de mapas proposta por Chávez e Puebla (2013) aplicada para a área de estudo.



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Na figura é possível observar a confusão de informações e falta de clareza da legenda gerada, isso acontece porque sendo a álgebra um processo exato, o programa apenas somou os valores atribuídos pela ordem original das classes não transmitindo nenhuma lógica matemática no resultado final como se esperava obter, tornando-se inexecutável a caracterização das unidades geradas a partir dos dados cruzados no mapa final, de forma que a pós-classificação tendeu a suprimir todo o processo mascarando excessivamente o cruzamento dos dados e deixando o resultado aquém do esperado.

Desta forma, tornou-se notável a necessidade de desenvolver uma proposta metodológica, apresentada no capítulo 2 dos resultados, que atendesse de forma mais eficiente e precisa aos objetivos desta pesquisa.

Vale ressaltar que a metodologia usual de natureza hierárquica aplicada também por muitos autores (AVELINO, 2011; BARBOSA *et al.*, 1998; BARBOSA, 1999; CÂMARA *et al.*, 2001) que tem sido fiéis a abordagem Booleana não foi apropriada aqui uma vez que o intuito não é atribuir pesos relacionados a importância ou ao grau de suscetibilidade do ambiente estudado mas sim classifica-lo qualitativamente.

Paralelo a esses procedimentos foram feitas duas excursões na área de estudo com o intuito de realizar o trabalho de campo onde foram feitas as confirmações do que mostraram os dados vetoriais e matriciais. Estas constatações foram registradas em fotos e somente em alguns pontos aleatórios foi observada a necessidade de fazê-las. Em seguida pode-se então obter o principal resultado objeto deste trabalho que é um mapa de unidades de paisagem (UP's) dos municípios de Rosário, Axixá e Icatu. Posterior a isso foi feita uma sobreposição do uso e ocupação da área dos municípios com o mapa das UP's gerado, buscando entender como estas unidades têm sido manejadas. Este último procedimento também foi executado no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS na sua versão 10.2 (licença EFL 999703439).

4 CARACTERIZAÇÃO DA ZONA COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE ROSÁRIO, AXIXÁ E ICATU

4.1 Geologia

A área está situada sob a Bacia de Sedimentar de Barreirinhas e parte Sudeste está situada sob a bacia Sedimentar de Parnaíba, estas são separadas pelo Arco Estrutural Férrer-Hurbano Santos e compostas por rochas sedimentares oriundas de acumulação iniciada no Paleozóico, ambas possuem sedimentos de origem marinha e continental (KLEIN, 2013; VIEIRA, 2013). Encontram-se nessa região afloramentos da Formação Itapecuru representando o Cretáceo e do Grupo Barreiras representando o Neógeno do Terciário, constituído por sedimentos areno-argilosos e ocasionalmente conglomeráticos, mal consolidados (VASCONCELOS *et al.*, 2004).

Os rios Itapecuru e Munim, significativos contribuintes responsáveis pelo aporte e origem dos sedimentos dessa área, juntos formam às margens da Baía de São José, que agora atende por complexo estuarino Arraial-São José (AZEVEDO, 2019; SANTOS, 2018) e compõem a Planície Fluvio-marinha que, em parte, está envolvida na Superfície Sublitorânea de Bacabal (COUTINHO, 1976; IBGE, 2011).

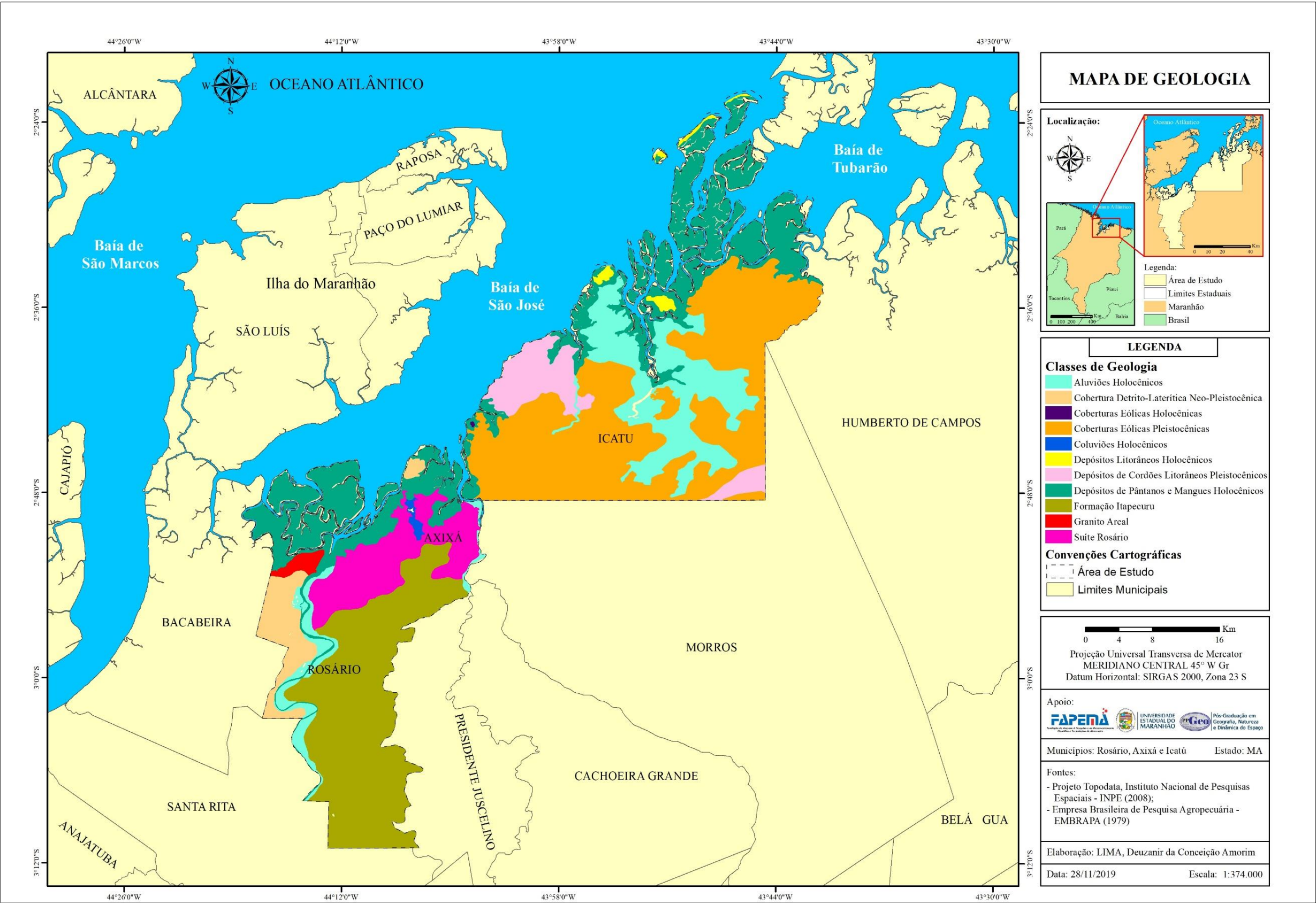
A zona costeira da área de estudo caracteriza-se principalmente, pela forte presença de Depósitos de Pântanos e Mangues Holocênicos, que não formam uma linha contínua por conta dos depósitos de Cordões Litorâneos Pleistocênicos. Essa mescla de coberturas do Quaternário Holocênicas e Pleistocênicas permeia toda a área. Ao norte do município de Icatu, por exemplo, Aluviões Holocênicos são predominantemente circundados por Coberturas Eólicas Pleistocênicas (Figura 5). Dentre as classes geológicas sugeridas pelo IBGE (2011) adaptadas da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo de Vasconcelos *et al.* (2004) e utilizadas pelo IMESC (2018), as que representam a área de estudo estão caracterizadas no quadro a seguir (Quadro 3):

Quadro 3 – Caracterização de cada classe geológica apresentada no mapa.

CLASSES	CARACTERISTICAS
Aluviões Holocênicos	Depósitos grossos a conglomeráticos de residuais de canal, arenosos relativos a barra em pontal, pelíticos representado àqueles de transbordamento e fluviolacustres, eólicos quando retrabalhados pelo vento.
Cobertura Detrítico-Laterítica Neo-Pleistocênica	Sedimentos argilo-arenosos, amarelados, cauliniticos, alóctones e autóctones, parcial a totalmente pedogeneizados (Latosolos argilo-arenosos), gerados por processos alúvio-coluviais.
Coberturas Eólicas Holocênicas	Areia bimodal, bem arredondada, grãos foscos, de granulação fina a média e estratificações cruzadas de médio a grande porte e superfícies de deflação
Coberturas Eólicas Pleistocênicas	Areias esbranquiçadas de granulometria fina a média, bem selecionada, madura, com estruturas de “grain fall” e cruzadas de baixo ângulo.
Coluviões Holocênicos	Clastos angulares e ligeiramente arredondadas, comumente de cor vermelha, contendo fragmentos de rocha e sedimentos finos a grosseiros.
Depósitos de Cordões Litorâneos Pleistocênicos	São constituídos de areias predominantemente quartzosas, granulação média, ma selecionadas, com grãos manchados de óxido de ferro
Depósitos de Pântanos e Mangues Holocênicos	Os depósitos de pântanos e mangues são constituídos por sedimentos predominantemente pelíticos, argilo-siltosos, com muita matéria orgânica, restos de madeira e conchas, em ambiente fluviomarinho e/ou litorâneo, com vegetação de mangue.
Depósitos de Litorâneos Holocênicos	Os depósitos arenosos de praias e restingas atuais são compostos por areias bem classificadas, inconsolidadas, de granulação média e bem classificadas, inconsolidadas, de granulação fina a média e contendo restos de animais.
Formação Itapecuru	Constituídas de arenitos e siltitos avermelhados, ocorrendo em subordinação arenitos esbranquiçados, folhelhos acinzentados e arroxeados. Predomínio de arenitos; predomínio de argilitos.
Granito Areal	Rochas de composição ácida, textura granular/inequigranular, hipidiomórfica, do tipo monzogranito e sienogranito.
Suíte Rosário	É constituída por quartzo dioritos, tonalitos, granodioritos e andesitos.

Fonte: Lima (2020).

Figura 5 - Mapa de Geologia utilizando as classes originais.



4.2 Geomorfologia

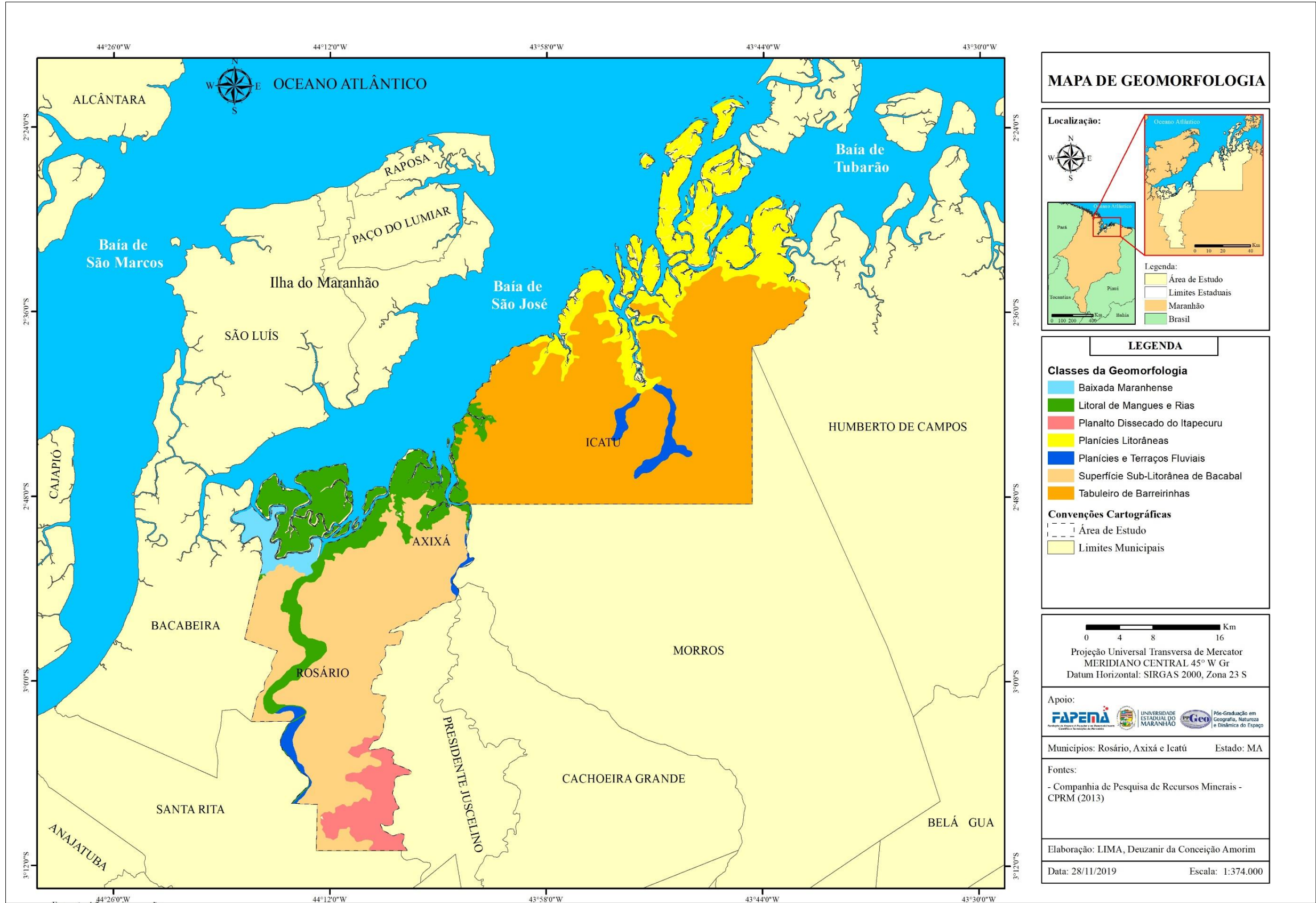
A área possui extensa Planície Fluviomarinha caracterizada por ser uma região rebaixada e alagável sob forte influência da entrada de maré e deságue dos rios Itapecuru e Munim. Parte da costa desses municípios que compõe a área de estudo, é chamada de Litoral de Rias Maranhenses porém há quem considere esse aspecto recortado com formação de ilhas, um Litoral de Falsas Rias (COSTA *et al.*, 1991; MACEDO, 1989).

Segundo Coutinho (1976), o trecho em que o rio Itapecuru passa pela cidade de Rosário até sua desembocadura na Baía de São José, é onde o rio é mais largo com bancos arenosos e tendência a formação de canais secundários separados por ondulações de areia e lama, onde os sedimentos marinhos se misturam com os da formação Itapecuru.

O levantamento feito nas bases oficiais mostrou que a maior parte da área territorial dessa região abarcando ainda o município de Axixá, está sob a Superfície Sub-Litorânea de Bacabal limitada a SE pelo Planalto Dissecado do Itapecuru. Já no município de Icatu a feição geomorfológica dominante é o Tabuleiro de Barreirinhas contornado ao Norte pelas Planícies Litorâneas onde se estabeleceu uma vasta região de mangue que se diferencia da área de mangue estabelecida mais ao sul por conta, principalmente da sua origem e formação, já que na região sul da área de estudo, há forte descarga de origem fluvial e na região norte a influência marinha é infinitamente maior pelo contato direto com o Oceano Atlântico (Figura 6).

Considerando que o trabalho tem foco na zona costeira desses municípios, é importante ressaltar dois fatores também relatados Macedo (1989) que são: (1) o golfo interior apresenta uma vocação ao assoreamento, por se encontrar entre a ilha e as rias internas; (2) o afogamento das águas do antigo estuário de São José, coletor das águas do Itapecuru e do Munim, que deu origem a baía de São José e (3) Os vales dos rios Itapecuru e Munim encontram-se separados da grande ria pelo espigão de sedimentos terciários, formando uma verdadeira península, com a mesma orientação geral da ilha de São Luís.

Figura 6 – Mapa de Geomorfologia utilizando as classes originais.



4.3 Declividade

A declividade do perfil topográfico da área de estudo determina a extensão da zona intermarés na área de contato mais direito com a baía de São José. Essa inclinação define os limites naturais entre ecossistemas importantes, geralmente difíceis de diferenciar e visualizar seus limites somente pela reflectância espectral em imagens de satélite, especialmente quando seguidas uma da outra como, por exemplo, manguezais e mata ciliar, ou ainda Planícies Litorâneas e Planícies e Terraços fluviais.

Segundo Teixeira (2006), a principal importância dessa inclinação se reflete na energia das ondas e correntes na encosta e face de praia, influenciando diretamente nas consequências de um possível derramamento de óleo, já que costas com baixa declividade estão sujeitas a níveis de energia mais baixos e vice-versa.

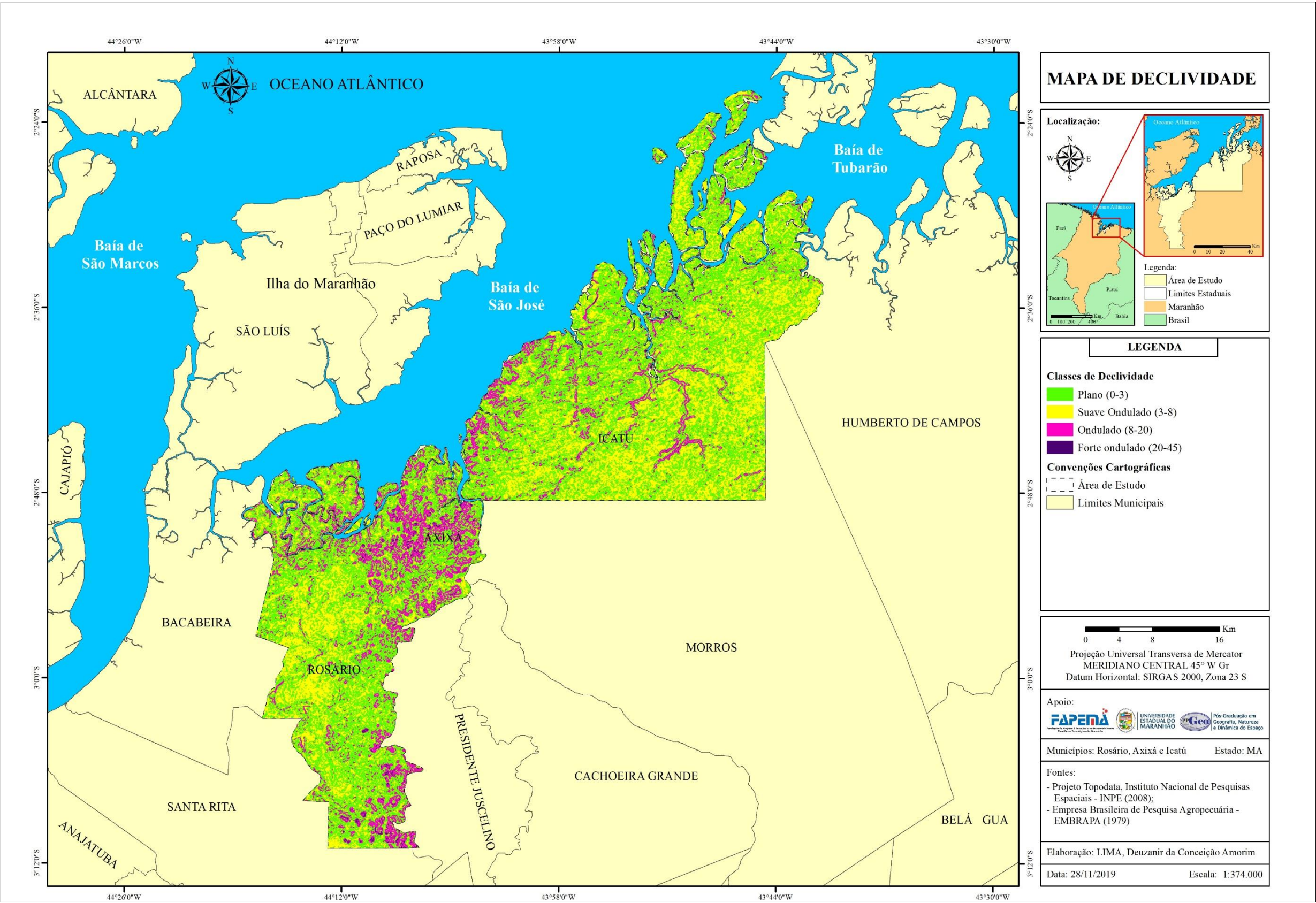
À medida que se afasta da linha de costa a declividade determina também os meandros dos cursos d'água e os tipos de vegetação de acordo com os solos mais rasos ou mais espessos. Nesse sentido, percebe-se ainda na área de estudo, bastante alternância entre o aspecto plano e o suave ondulado, confirmando assim, o que apontam alguns autores sobre a formação de colinas amplas e suaves com bordas decaídas na superfície plana e levemente ondulada que predomina na região (BANDEIRA, 2013; BRASIL, 2015; EL-ROBRINI *et al.*, 2012; EMBRAPA, 2013; FREIRE *et al.*, 2014). As classes de declividade baseadas na Embrapa para a área de estudo, segue a seguinte caracterização conforme mostram o Quadro 4 e a Figura 7:

Quadro 4 – Características de cada classe de Declividade.

DECLIVIDADE (%)	CARACTERÍSTICAS
0-3	Plano
3-8	Suave Ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Fortemente Ondulado

Fonte: Santos et al. (2018).

Figura 7 - Mapa de Declividade utilizando as classes originais.



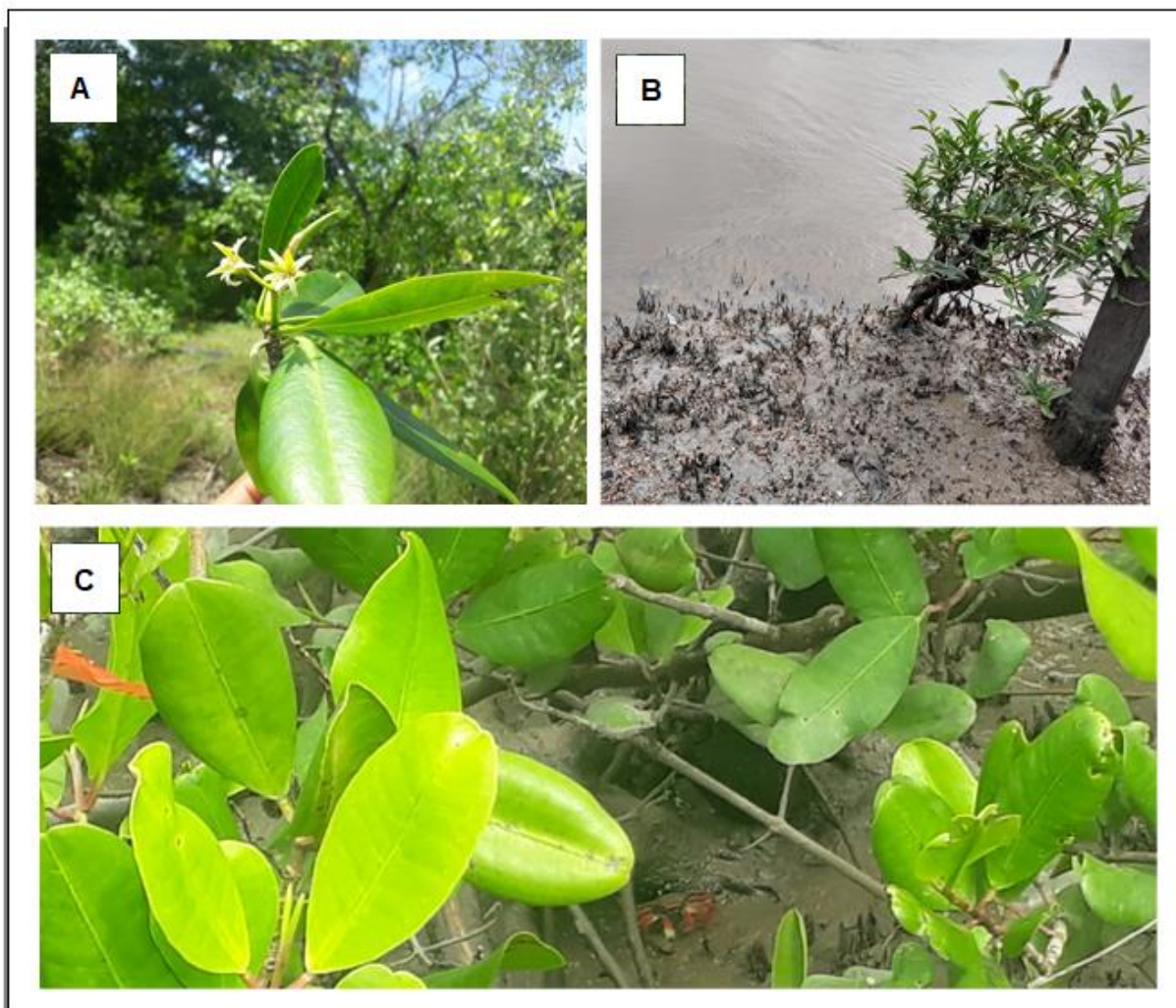
4.4 Vegetação

Dentre as 7 (sete) classes presentes na área de estudo é notável a predominância de apenas duas, que essencialmente delimitam espaços geográficos distintos em relação a influência do contato direto e indireto com a maré, sendo estas: a vegetação Pioneira Fluviomarinha Arbórea típica de ambientes costeiros onde há geralmente, solos inconsolidados e forte presença de salinidade na água obedecendo um gradiente de mistura que caracteriza os estuários da área e os ecossistemas de manguezais e a Vegetação Secundária com Palmeiras que é característica de ambientes continentais, onde há solo mais firme e compactado, normalmente com baixa umidade superficial (Figura 8).

Segundo dados espaciais compilados e produzidos por Araujo (2016) durante o Macrozoneamento ecológico econômico do estado do Maranhão, os biomas Cerrado (64% do estado), Amazônia (35%) e a Caatinga (1%), compõe um mosaico de paisagens ricas em biodiversidade no Estado, tendo o Cerrado suas diferentes fitofisionomias desde a mais aberta (campos) até matas fechadas e a Amazônia, vegetação característica de árvores altas, matas de várzeas nas planícies periodicamente inundadas e matas de igapó permanentemente inundadas (ARAUJO, 2016). Ambos são os únicos biomas representados na área de estudo e cabe aqui pontuar ainda que a vegetação de cerrado na área de estudo exerce papel fundamental na fixação de dunas moveis e das paleodunas e em sua grande maioria é constituída de vegetação de porte arbustivo e arbóreo de restinga e savana que conforme sugere Santos (2008) provavelmente se estabeleceu em períodos de estação úmida mais bem pronunciada e aumento de chuvas.

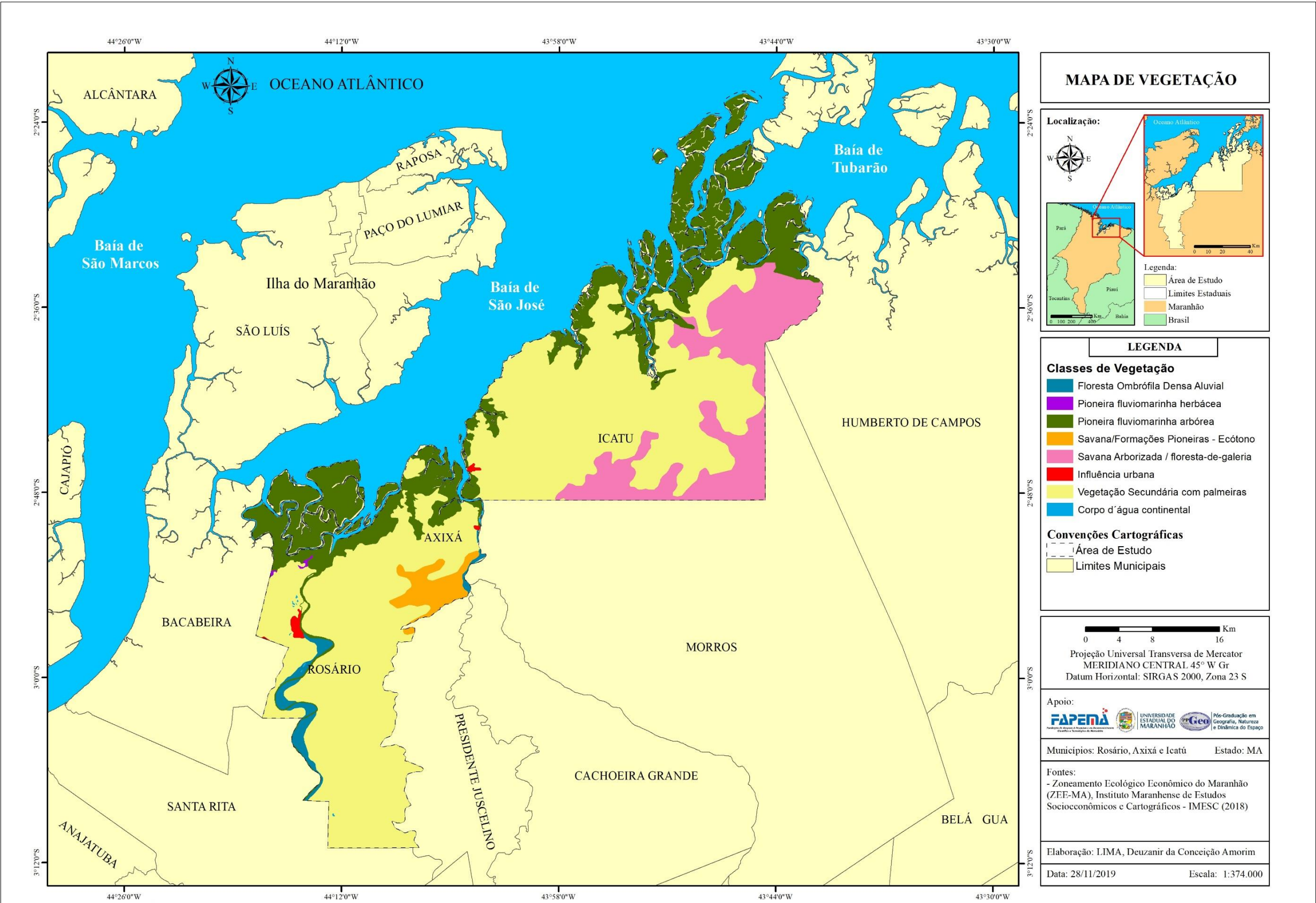
Na zona costeira da área de estudo a predominância de manguezal é caracterizado pela presença de espécies arbustivas arbóreas como a *Rhizophora mangle* L.; *Rhizophora racemosa* G.F.W. Meyer, conhecidas como mangue vermelho, *Avicennia germinans* (L) Stearn que atende por mangue preto ou siriba e a *Laguncularia racemosa* (L) chamada popularmente de mangue branco, todas essas espécies (Figura 8) foram observadas em campo o que reforça a ocorrência dos gêneros *Avicennia* e *Rhizophora* descrita por Santos (1986) para a Baía do Arraial que aqui corresponde a região sul da área de estudo (Figura 9).

Figura 8 – A: Ocorrência de *Rhizophora mangle* observada em campo com inflorescência; B: Ocorrência de *Avicennia germinans* observada em campo com pneumatóforos (raízes radiculares que afloram na superfície com geotropismo negativo, ou seja, crescem no sentido oposto ao da força da gravidade) na base; C: Ocorrência de *Laguncularia Racemosa* observada em campo com caranguejo da espécie *Aratu Vermelho* ao fundo.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 9 – Mapa de Vegetação utilizando as classes originais.



5 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA ZONA COSTEIRA

Considerando os procedimentos descritos no item 4.3 estabeleceu-se uma proposta metodológica organicamente diferenciada para a classificação de unidades de paisagem utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) mais precisamente através da álgebra de mapas, de forma a obter uma caracterização tipológica de cada Unidade de Paisagem prezando pela transparência e objetividade do processo e sua representação no mapa final.

Partindo da determinação das variáveis temáticas já definidas no item 3.3, é possível elencar o processo de classificação em quatro fases: Reagrupamento, Codificação, Aplicação da Álgebra e Caracterização das UP's.

5.1 Fase de Reagrupamento

Nesta fase, realizou-se a tabulação das classes originais de cada aspecto fisiográfico e em seguida fez-se a análise dessas classes utilizando como critério, suas similaridades e a proximidade da linha de costa, que foram fatores suficientes para determinar o reagrupamento e de forma consistente fazer a redução do número de classes mantendo as características inerentes à classificação feita e disponibilizada pelos órgãos oficiais (IBGE e EMBRAPA), propondo assim uma padronização dos dados sem que estas sofressem significativas alterações na sua distribuição espacial. Desse modo, a Geomorfologia, Vegetação e Declividade passaram a ter apenas 5 classes e a Geologia que, embora fosse o aspecto com maior número de classes, somando um total de 11 originalmente, passou a ter 4 por conta de sua maior homogeneidade de aspectos físicos aparentes (Quadro 5).

Quadro 5 – Redução de classes por aspecto geográfico.

ASPECTO GEOGRÁFICO	QUANTIDADE DE CLASSES ORIGINAIS	QUANTIDADE DE CLASSES ATUAIS
Geologia	11	4
Geomorfologia	7	5
Declividade	5	5
Vegetação	7	5

Fonte: Lima (2020).

Diversos autores recorrem ao agrupamento das classes de layers produzidas e disponibilizadas oficialmente, Valente (1999) por exemplo, utilizou-se da metodologia para definir agrupamentos litológicos para elaboração de um mapa geotécnico final e pontua que mapas produzidos por profissionais de diversas áreas podem sofrer adaptações formando novas unidades com características similares, denominadas de agrupamentos e a realização desses agrupamentos reduz o número de classes temáticas a serem integradas na elaboração de um mapa final, além de facilitar o entendimento. Medeiros e Câmara (2016) também tiveram essa preocupação e ainda destacam que dependendo do número de classes em cada geocampo temático utilizado na sobroposição, o geocampo resultante poderá possuir um número excessivo de número de classes temáticas.

Nesse sentido, o reagrupamento das classes (Figura 10), neste trabalho mostrou-se consideravelmente eficiente já que reduziu significativamente o número de classes ao mesmo passo que harmonizou a distribuição espacial das mesmas sem desprezar a base de suas disposições originais, conforme representado na página seguir através dos mapas temáticos resultantes desse processo:



5.2 Fase de Codificação

Nessa fase o ponto chave é a utilização do Sistema de Numeração Decimal para atribuição de códigos às classes e neste ponto observe que não trata-se de valores aleatórios atribuídos com intuito de quantificar a informação, mas sim de codifica-las para que através destes códigos cada unidade de paisagem pudesse ser caracterizada qualitativamente quanto aos seus parâmetros físicos (Quadro 6).

Quadro 6 – Reagrupamento das classes para aplicação da álgebra.

GEOLOGIA		GEOMORFOLOGIA	
Depósitos Litorâneos, pantanosos e de Mangues com Coluviões, Aluviões e Coberturas Eólicas Holocênicas	1	Planícies Litorâneas de Mangues e Rias com Baixada Maranhense	10
Granito Areal e Depósitos de Cordões Litorâneos Pleistocênicos	2	Planícies e Terraços Fluviais	20
Cobertura Detrítico Laterítica Neo Pleistocênica e Eólicas Pleistocênicas e Suíte Rosário	3	Superfície Sub-litorânea de Bacabal	30
Formação Itapecuru	4	Tabuleiro de Barreirinhas	40
		Planalto Dissecado do Itapecuru	50
DECLIVIDADE (%)		VEGETAÇÃO	
0-3	100	Formação Pioneira com influência fluviomarinha herbácea e arbórea	1000
3-8	200	Vegetação Secundária com Palmeiras	2000
8-20	300	Influência Urbana	3000
20-45	400	Savana Arborizada sem floresta-de-galeria e Formações Pioneiras	4000
45-75	500	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	5000

Fonte: Lima (2020).

Esse processo se fez necessário para que pudesse ser aplicada a álgebra de mapas com códigos precisos sem subestimar os dados qualitativos ou haver perda de informação, bem como para diminuir o máximo possível a confusão do resultado que certamente se faria pelo excesso de informações cruzadas.

Outro ponto que é importante destacar e que difere esta metodologia das demais já existentes, é a lógica usada para codificar as classes, na qual, para atribuição desses códigos também utilizou-se como critério a proximidade, das

classes já reagrupadas, da linha de costa onde as classes mais próximas do contato com o mar receberam os códigos de menor valor enquanto as mais distantes receberam códigos de maior valor conforme descrito na tabela abaixo.

Esse critério foi estabelecido, considerando que quanto maior a proximidade da linha de costa maior é a influência marinha sob o meio físico e na medida em que observa-se a paisagem continente a dentro, é notável a mudanças decorrentes da menor e/ou nenhuma influência direta das marés sobre o meio. Isso é notável quando, por exemplo, a vegetação mais adaptada a salinidade (mangue) coloniza áreas de entrada da maré (Igarapé) na mesma medida em que as espécies de vegetação secundária não conseguem competir nessas condições e colonizam áreas de terra firme com características de água doce.

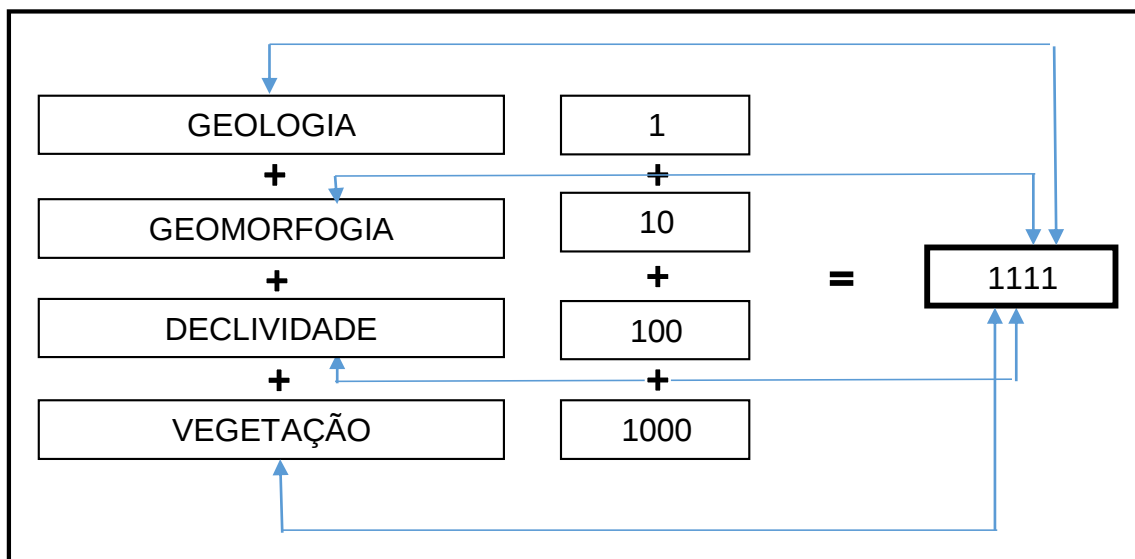
Nesse mesmo sentido, a geomorfologia obedece ao ritmo que a declividade dita, quando na proporção em que o terreno é mais elevado apresenta relevo mais instável com formas mais acidentadas e ondulosas. Enquanto terrenos com menor declividade tendem a ser mais planos e menos sinuosos com solos mais profundos e compactados abarcando as planícies e planaltos.

5.3 Fase de Aplicação da Álgebra

Nesta fase, os mapas temáticos de cada aspecto físico representam diferentes planos de informações chamados de *layers*, que inicialmente em formato vetorial, foram convertidas para o formato *raster* onde pudessem ser agregados os códigos atribuídos às respectivas classes, conforme mostrado na fase anterior. Na sequência, com todas as *layers* devidamente convertidas e codificadas, aplicou-se a técnica da álgebra de mapas através da ferramenta *spatial analyst* selecionando todos os planos de informação. Este procedimento consiste na sobreposição dos aspectos geográficos da área de estudo representados pelos planos de informação correspondentes a geologia, geomorfologia, declividade e vegetação, no qual fora feito um cruzamento das informações agregadas na malha digital de cada aspecto, onde suas classes já agrupadas de acordo com suas similaridades e agora representadas por códigos de acordo com o sistema de unidades, foram somadas entre si resultando dessa álgebra simples 10 Unidade de Paisagem (UP) distintas conforme mostra o fluxograma da Figura 11. Desta forma, a aplicação da álgebra constitui-se, em resumo, de uma somatória desses planos de informação onde cada

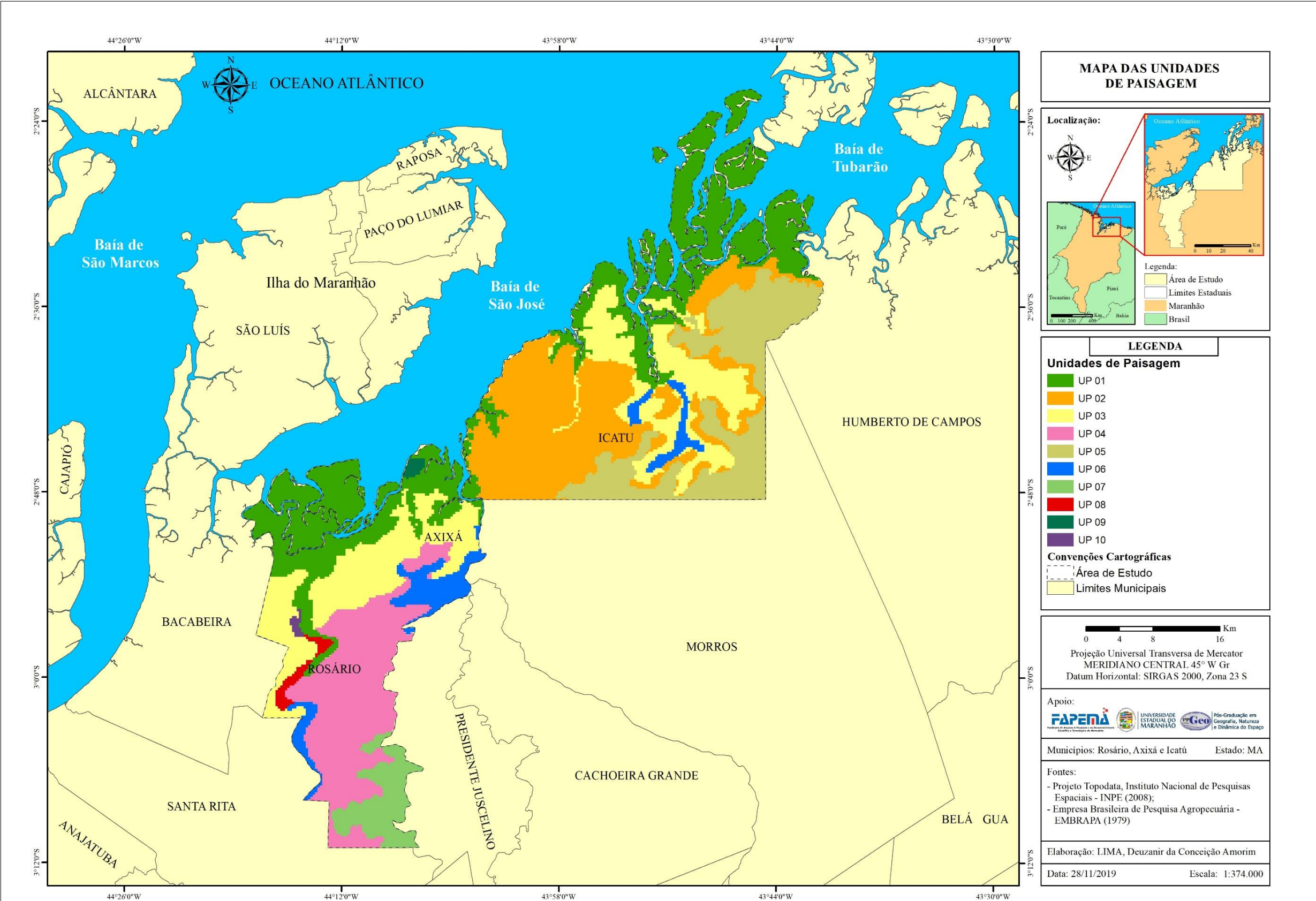
informação referente a suas respectivas classes foi representada pelos números a elas atribuídos conforme esclarece o exemplo exposto na imagem abaixo (Figura 12):

Figura 11 – Esquema de Cruzamento e Representação da Álgebra de Mapas aplicada.



Fonte: Lima (2020)

Figura 12 – Mapa de Unidades de Paisagem.



5.4 Fase de Caracterização Tipológica das UP's

A área dos três municípios somadas compreende a uma unidade territorial equivalente a 1.932,219 km² dos quais 475,751 está representada pela maior unidade classificada que é a UP 1 (Tabela 1) e possui, de acordo com o seu código atribuído (1111), vegetação fluviomarinha herbácea e arbórea que corresponde a vegetação de mangue com declividade plana de 0 a 3% na classificação da Embrapa (2013) porém de terreno rebaixado em relação aos do entorno, a exemplo das UP's 2 e 3 com inclinação de terreno entre 8-20% e 3-8% respectivamente, o que remete a uma preocupação latente em relação ao atual surgimento de óleo de origem petrolífera na costa nordeste, já que segundo Teixeira (2006), a declividade do perfil topográfico, juntamente com as variações de maré determinam a largura da zona intermarés (superfície de influência das marés), ou seja, a superfície mais sujeita a ser coberta por óleo no caso de derramamento.

A UP 2 que chama atenção por ser mais ondulada que a UP 1, embora apresente na tabela geomorfologia similar a UP 1 caracterizada como planície litorânea de mangues e rias, por ser uma área do terreno com maior elevação topográfica é recoberto por vegetação secundária com Palmeiras.

Tabela 1 - Código de Referência e Área de cada unidade.

UNIDADES	Códigos	Área km ²
UP 01	1111	475,751
UP 02	2343	359,596
UP 03	2241	335,098
UP 04	2334	240,288
UP 05	4143	230,825
UP 06	4134	72,316
UP 07	2154	66,761
UP 08	5311	11,481
UP 09	2113	4,450
UP 10	3233	3,071

Fonte: Lima (2020).

A UP 9, apesar de estar completamente inserida em uma área de manguezal e possuir a mesma declividade do seu entorno, se difere completamente pela origem e composição do solo muito embora o IBGE o classifique como igual (Quadro7). Nesse sentido, mesmo não sendo objetivo prioritário deste trabalho, observa-se que metodologia aplicada, mostra uma possibilidade hipotética forte de

haver nesta unidade de paisagem, o afloramento de um conjunto de granitoides, muito provavelmente o já conhecido como suíte Rosário, devido a suas similaridades com outras regiões onde há este afloramento. Esse resultado além de contestar o levantamento mais recente do IBGE, também corrobora com o último levantamento geológico realizado pela CPRM, o que junto com a verdade de campo realizada, valida a metodologia aplicada.

É importante realçar que a suíte Rosário corresponde a um batólito do Paleoproterozóico constituído de múltiplos plútons de afinidade cálcio-alcálica, alojados entre 2,08 e 2,13 Ga e sua dimensão total ainda não pôde ser avaliada devido as coberturas fanerozóicas (GORAYEB ; ABREU, 1996; GORAYEB *et al.*, 1999).

Essa viabilidade é observada também na UP 10 onde ainda há probabilidade de afloramento dos seus granitoides, inclusive igualmente confirmado pelo Serviço Geológico do Brasil já na UP 5, a probabilidade de ocorrer esse tipo de afloramento é quase nula devido à grande extensão coberturas eólicas que correspondem ao tabuleiro de barreirinhas constituído de vastas paleodunas. No entanto, não se pode descartar a possibilidade da sua existência nessa área visto que se encontra posicionada dentro do Cráton São Luís e esse segmento cratônico se estende até a região Noroeste do estado do Ceará.

É importante observar ainda que a Suíte Rosário não está representada na UP 3 onde a presença dela já é consolidada e comprovadamente bastante significativa, possivelmente pelo fato de ter sido alocada no mesmo grupo das Coberturas Eólicas Pleistocênicas que se sobrepõem as demais do grupo por sua grandeza na área de estudo, porém isso pode ser facilmente corrigido na fase de reagrupamento das classes visto que depende exclusivamente dos conhecimentos geocientíficos do pesquisador e não da aplicação da álgebra em si.

Quadro 7 – Caracterização de cada Unidade de Paisagem (UP).

UP's	Códigos	Informações	UP's	Códigos	Informações
UP 01	1111	Vegetação = Formação Pioneira com influência fluviomarinha herbácea e arbórea; Declividade = 0-3; Geomorfologia = Planícies Litorâneas de Mangues e Rias com Baixada Maranhense; Geologia = Depósitos Litorâneos, pantanosos e de Mangues com Coluviões, Aluviões e Coberturas Eólicas Holocênicas	UP 06	4134	Vegetação = Savana Arborizada sem floresta-de-galeria e Formações Pioneiras; Declividade = 0-3; Geomorfologia = Superfície Sub-litorânea de Bacabal; Geologia = Formação Itapecuru
UP 02	2343	Vegetação = Vegetação Secundária com Palmeiras; Declividade = 8-20; Geomorfologia = Planícies Litorâneas de Mangues e Rias com Baixada Maranhense; Geologia = Depósitos Litorâneos, pantanosos e de Mangues com Coluviões, Aluviões e Coberturas Eólicas Holocênicas	UP 07	2154	Vegetação = Vegetação Secundária com Palmeiras; Declividade = 0-3; Geomorfologia = Planalto Dissecado do Itapecuru; Geologia = Formação Itapecuru
UP 03	2241	Vegetação = Vegetação Secundária com Palmeiras; Declividade = 3-8; Geomorfologia = Tabuleiro de Barreirinhas; Geologia = Depósitos Litorâneos, pantanosos e de Mangues com Coluviões, Aluviões e Coberturas Eólicas Holocênicas	UP 08	5311	Vegetação = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; Declividade = 8-20; Geomorfologia = Planícies Litorâneas de Mangues e Rias com Baixada Maranhense; Geologia = Depósitos Litorâneos, pantanosos e de Mangues com Coluviões, Aluviões e Coberturas Eólicas Holocênicas
UP 04	2334	Vegetação = Vegetação Secundária com Palmeiras; Declividade = 8-20; Geomorfologia = Superfície Sub-litorânea de Bacabal; Geologia = Formação Itapecuru	UP 09	2113	Vegetação = Vegetação Secundária com Palmeiras; Declividade = 0-3; Geomorfologia = Planícies Litorâneas de Mangues e Rias com Baixada Maranhense; Geologia = Cobertura Detrítico Laterítica Neo Pleistocênica e Eólicas Pleistocênicas e Suíte Rosário
UP 05	4143	Vegetação = Savana Arborizada sem floresta-de-galeria e Formações Pioneiras; Declividade = 0-3; Geomorfologia = Tabuleiro de Barreirinhas; Geologia = Cobertura Detrítico Laterítica Neo Pleistocênica e Eólicas Pleistocênicas e Suíte Rosário	UP 10	3233	Vegetação = Influência Urbana; Declividade = 3-8; Geomorfologia = Superfície Sub-litorânea de Bacabal; Geologia = Cobertura Detrítico Laterítica Neo Pleistocênica e Eólicas Pleistocênicas e Suíte Rosário

Fonte: Lima (2020).

6 A AÇÃO ANTROPOGÊNICA NAS UNIDADES DE PAISAGEM

Considerando a classificação de Uso da Terra do IBGE (2016) que observa basicamente o Cultivo, o Extrativismo e a Pecuária em área Florestal ou Campestre, foi possível pontuar que grande parte da área de estudo é alvo do extrativismo vegetal (Quadro 8), mesmo sendo esta, parte significativa da Área de Proteção Ambiental Upaon-Açu/ Miritiba/ Alto Preguiças estabelecida pelo Decreto 12.482 (MARANHÃO, 1992).

Quadro 8 – Uso da Terra por Unidade de Paisagem.

UP's	Uso da Terra	Área (km²)	% da Área da UP
UP1	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	345,1390	72,55%
UP2	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	340,1027	94,58%
UP3	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	204,7733	61,11%
UP4	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	240,0296	99,89%
UP5	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	145,6420	63,10%
UP6	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	72,0638	99,65%
UP7	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	66,7614	100,00%
UP8	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	10,2769	89,51%
UP9	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	2,2871	51,39%
UP10	Cidades	2,8908	94,12%

Fonte: Lima (2020).

Partindo do princípio da Maioria Zonal, onde o valor em todas as posições geográficas dentro de uma região é igual ao valor de maior frequência encontrado na mesma região sobre o mapa de origem (BARBOSA *et al.*, 1998), foi possível ratificar ainda mais a predominância do extrativismo como uso da terra mostrado na Figura 13, sendo esse o uso mais antigo relatado pela ciência que consiste na exploração dos recursos nativos, através de coleta ou apanha de produtos (IBGE, 2013).

Por se tratarem de municípios costeiros possuem suas sedes estabelecidas bem próximo a linha de costa do território e em consequência disto grande parte da economia dessas populações está sustentada na pesca, extração de caranguejos, extração da seiva do mangue vermelho, da juçara, bem como no cultivo de mandioca e outros tipos de roça de subsistência.

Embora o uso de extrativismo animal e vegetal com cultivos diversificados tenha sido observado em apenas 4 das 10 UP's, juntas elas cobrem mais de 50% do território da área de estudo. Na Figura 14 é possível observar que os cultivos só começam a aparecer à medida que se distancia da linha de costa exceto pela UP2 (Figura 14).

Figura 13 – Mapa de Uso da Terra

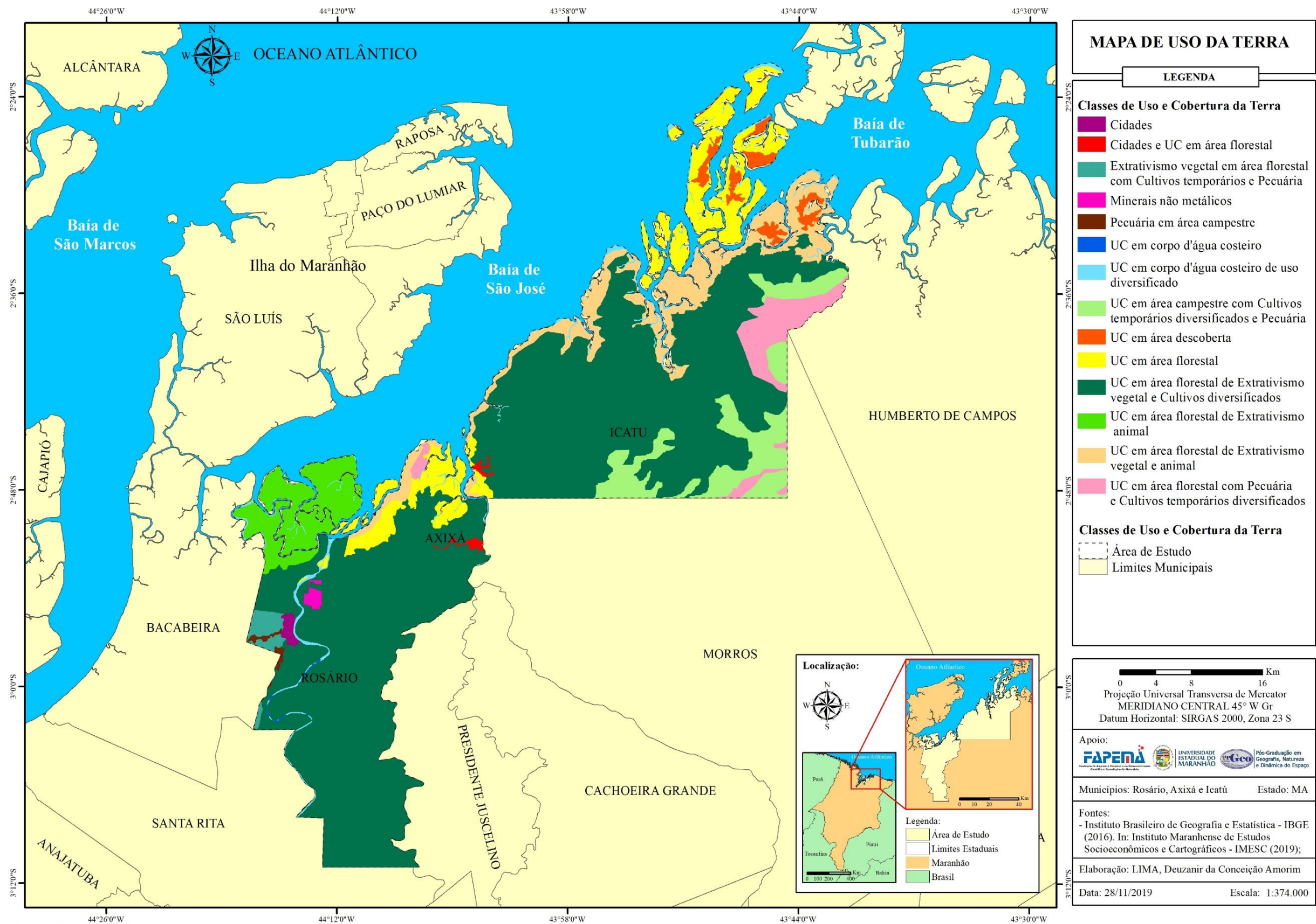
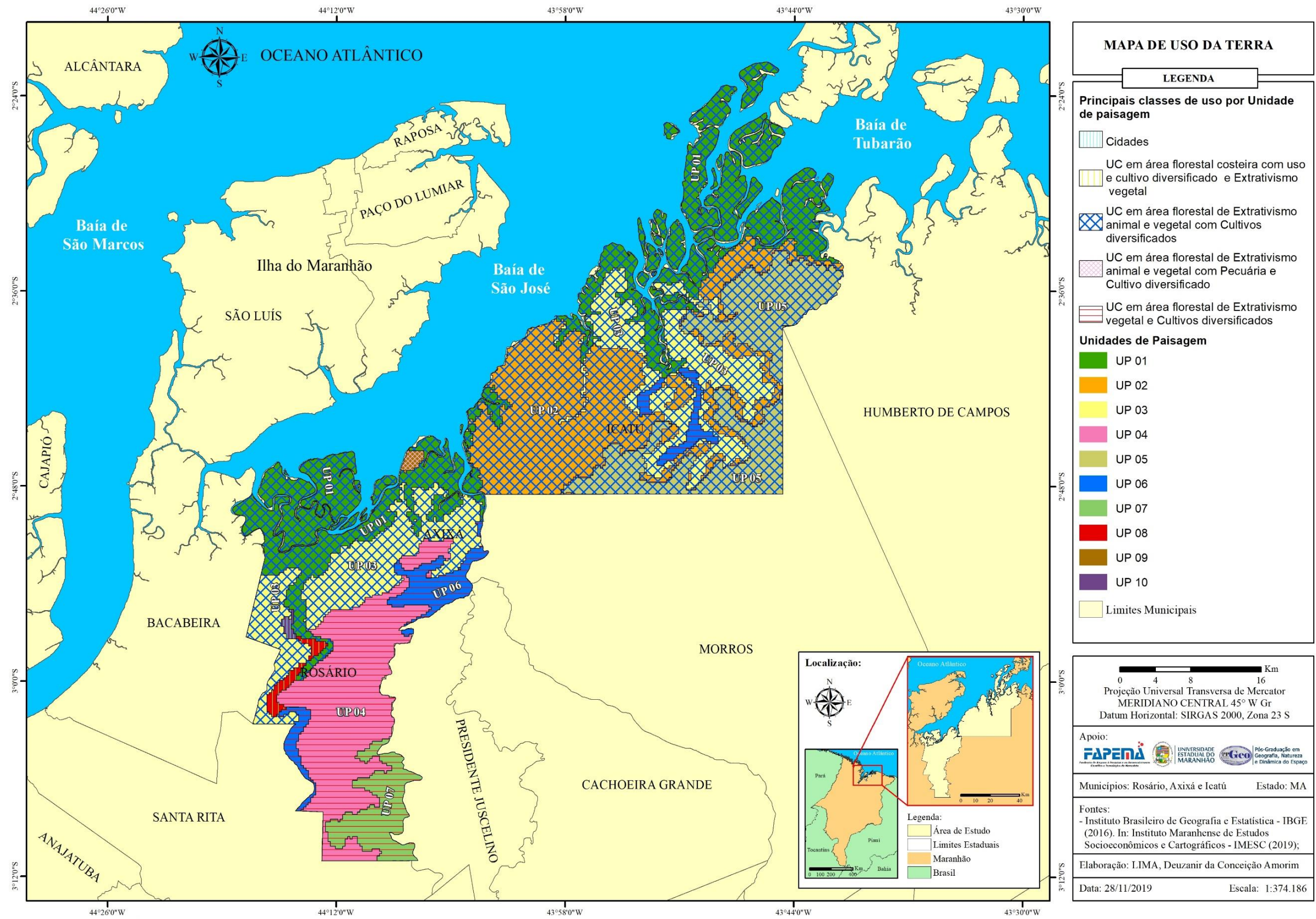


Figura 14 – Mapa de Uso da Terra para cada UP pelo princípio da Maioria Zonal.



Alguns empreendimentos também se fazem presentes na área e podem ser aqui destacados devido a seu porte e potenciais impactos ambientais, especialmente no Município de Rosário onde se instalaram as empresas de cerâmicas/olarias: Cerâmica Santo Antônio, Cerâmica Boa Vista e Cerâmica Nossa Senhora do Rosário. As cerâmicas e olarias ocupam uma área de 2,63 km² (CASTRO, 2012), observam-se, ainda no mesmo município, as duas empresas de extração de granito: Pedreira Anhaguera e Inhaitá Empresa de Mineração.

Além disso, embora não tenha seguido em frente, houve todo um preparo para a instalação da Refinaria Premium I que traria junto com um “boom” na economia, uma enorme carga de impactos ambientais especialmente pela posição geográfica totalmente inserida dentro da bacia do Rio Itapecuru, sendo este o rio mais importante da região visto que, através do Sistema Italuís, abastece não só algumas cidades do entorno como também e principalmente, a grande capital do Maranhão, São Luís, que dá nome ao Sistema de Captação de Água, atendendo à 60% da população (CAEMA, 2007 apud MENDES 2008, p.95) que conta com uma estimativa de mais de 1 milhão de habitantes (IBGE, 2019).

Outro fator importante que merece ser mencionado é a especulação do transporte aquaviário da Baía de São José que levou às mídias a divulgação de um projeto de Ferry Boat que tencionava fazer a travessia São Jose de Ribamar-Icatu (Figura 15), mas, no entanto o referido projeto, embora tenha sido amplamente divulgado tanto em sites de informação que possuem credibilidade quanto no próprio site oficial do Governo do Estado, não teve sequência por motivos desconhecidos.

Figura 15 – Ilustração de projeto para ser implantado entre os municípios de São José de Ribamar e Icatu-MA.



Fonte: Governo do Estado do Maranhão

Ou seja, muito embora essa região, em que se encontram os municípios de Rosário, Axixá e Icatu, seja palco de uma biodiversidade muito importante, observada em campo, tem sido alvo de grandes empreendimentos e consequentemente fortes impactos ambientais. Em contrapartida, a referida área, apesar de estar totalmente inserida em uma Área de Preservação Ambiental (APA), sofre com a escassez de informações científicas levantadas através de pesquisas, especialmente se comparada com o protagonismo da Baía de São Marcos com a qual forma o Golfão Maranhense e também onde está situado o Porto do Itaqui considerado um dos pouco no mundo aptos a receber navios cargueiros com mais de 200mil DWT (Peso morto em toneladas).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o objetivo proposto de analisar as unidades de paisagem através de geoprocessamento e as metodologias existentes para esta finalidade, deparou-se com dificuldades de clareza nos resultados gerados e partir disso, desenvolveu-se uma nova metodologia que melhor se adaptou aos resultados buscados.

A metodologia desenvolvida mostrou-se muito eficiente quanto à clareza no processo de cruzamento dos dados na álgebra e suas representações no mapa final, bem como na detecção de possíveis afloramentos considerando as similaridades dos ambientes analisados.

A geologia ganhou destaque na fase de interpretação dos resultados obtidos a partir da álgebra por conta da evidenciação de alguns elementos e das inconsistências observadas que ocorreram em decorrência da incorporação das Coberturas Eólicas Pleistocênicas ao mesmo grupo onde estava a Suíte Rosário. Na fase de agrupamento é comum que as classes com maior área de cobertura ocultem as com menor. Isso indica que o agrupamento entre a suíte Rosário e as Coberturas Detrítico Lateríticas Neo Pleistocênicas evidencia respostas mais claras do que o agrupamento de ambas com as Coberturas Eólicas Pleistocênicas, muito embora estejam as três na mesma zona em relação a linha de costa, na retaguarda dos manguezais.

Os resultados apontados pela metodologia puderam ser validados através do *shape* de geologia da CPRM considerado mais atual do que o do IBGE que fora utilizado na álgebra de forma que se não tivesse sido utilizado o *shape* mais defasado seria inviável a validação dos resultados por comparação de dados oficiais divulgados por um órgão reconhecido da área geológica e somente teríamos a confirmação da verdade de campo que por si só já é suficiente para embasar a discussão.

Com relação ao uso das unidades classificadas, a presença de empreendimentos de grande porte e da conjectura de novos empreendimentos especialmente no setor de transporte aquaviário, o previsível comprometimento da navegabilidade e do uso de recursos pesqueiros em decorrência destes, especialmente na Unidade de Paisagem 9, é consistente e merece atenção dos

órgãos públicos e das instituições de pesquisa em caráter preventivo a especulação de projetos urbanos na área que compreende a Baía de São José.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. **Domínios de Natureza no Brasil**: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AB'SABER, Aziz Nacib. Um plano diferencial para o Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo: v. 4, n. 9, p. 19-62, ago 1990. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340141990000200004&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 08 jan 2020.

ANTUNES, Alzir Felipe Buffara. **Iniciando em geoprocessamento**. [s.l.]: UFPR, 2001. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~felipe/sig.pdf> Acesso em: 08 jan. 2020.

ARAUJO, Luciana Spinelli et al. **Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão**: Cenário Atual em Dados Geoespaciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016.

AVELINO, Edcassio. Análise e Caracterização geoambiental do município de Aratuípe-Ba. In: SEMINÁRIO ESPAÇOS COSTEIROS, 1., 2011. [s.l.]. **Anais eletrônicos** [...]. [s.l.]: UFBA, 2011. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/secosteios/article/view/14716/10071>.

AZEVEDO, Igor Hamid Ribeiro. **Dinâmica e distribuição de metais no Complexo Estuarino Arraial/ São José, Maranhão**, 2019. 127f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

AZEVEDO, James Werllen de Jesus. **Assoreamento em ambientes costeiros e seus efeitos sobre a sustentabilidade ambiental: estudo de caso da embocadura estuarina de São Luís – MA**, 2012. 124f. Dissertação (Mestrado de Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2012.

BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento (org.). **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013.

BARBOSA, Cláudio Clemente. **Álgebra de mapas e suas aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**, 1999. 157f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999.

BARBOSA, Cláudio Clemente, CAMARA, Gilberto, MEDEIROS, José Simeão de, CREPANI, Edson, NOVO, Evelyn, CORDEIRO, João Pedro Cerveira. Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., 1998, Santos. **Anais** [...]. Santos: INPE, set. 1998. p. 487-500. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/238736176_Operadores_Zonais_em_Algebra_de_Mapas_e_Sua_Aplicacao_a_Zoneamento_Ecologico-_Economico. Acesso em: 08 jan. 2020.

BARTELLI, Gustavo. **Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do Arroio Garapiá – Maquiné–RS**. 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Univates. Lajeado, 2012.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **UFPR**. Curitiba, n. 8, p.141-152, 2004.

BERTRAND, Georges. Paysage et géographie physique globale: Esquisse méthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**. Toulouse, v.39, n.3, p.249-272, 1968.

BERTRAND, Georges. **Conferência de abertura**. In.: Anais VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada-Curitiba-UFPR, 1997.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Caderno Ciências da Terra, São Paulo, v.13, p.1-27, 1971.

BERTRAND, Georges; BERTRAND, Claude. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 2007.

BEZERRA, Denilson da Silva; SILVA JUNIOR, Milton Gonçalves da; SILVA, Luciney de Jesus Costa da. Análise espacial do abastecimento de água dos municípios da zona costeira do Maranhão, nordeste do Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, São Luís, v. 21, n. 1, 2008.

BÓLOS, Maria í Capdevila. Problemática Actual de los Estudios de Paisaje Integrado. **Revista de Geografia**, Barcelona, v.15, n.1-2, p. 45-6, 1981.

BRAGATTO, Rosane Dalpiva; TOMAZONI, Julio Caetano; MELLO, Nilvânia Aparecida. Mapeamento das unidades de paisagem das classes de aptidão agrícola na microbacia do rio conrado com auxílio de produtos de sensoriamento remoto. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 356-369, 2013.

BRANCO, Pércio de Moraes. O Intemperismo e a Erosão. **Serviço Geológico do Brasil**. Brasil, 18. ago. 2014. Disponível em: [www.cprm.gov.br/publique/Redes Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/O-Intemperismo-e-a-Erosao-1313.html](http://www.cprm.gov.br/publique/Redes_Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/O-Intemperismo-e-a-Erosao-1313.html). Acessado em: 06 jan. 2020.

BRASIL. Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p.3, 8 dezembro 2004.

BRASIL. Decreto nº 73.030, 30 de outubro de 1973. Cria, no âmbito do Ministério do Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA, e da

outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 11024, 30 outubro 1973.

BRASIL. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e da outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 8638, 18 maio 1988.

BRASIL. Resolução CIRM nº001/90, de 21 de novembro de 1990. Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. **Diário Oficial da União**: Brasília, seção 1, DF, 21 novembro 1990.

BRASIL. Resolução CIRM nº005/97, de 03 de dezembro de 1997. Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II. **Diário Oficial da União**: Brasília, seção 1, DF, 03 dezembro 1997.

BUNGE, Mário. **La ciencia, su método y su filosofía**. Buenos Aires: Siglo Veinte, 1974.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. Por que Geoprocessamento?. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO Antonio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. 2.ed. São José dos Campos, INPE, 2001. cap.1, p.1

CARVALHO, Thiago Morato. Técnicas de medição de vazão por métodos convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.1 n.1 p73-84, 2008.

CASTRO, Antonio Carlos Leal de. Dados pretéritos para o estudo de caracterização e modelagem numérica do Rio Itapecuru-MA. **Universidade Federal do Maranhão**, São Luís, n.5, p.1-169, mai. 2012.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. **Cartografia de Paisagens: Fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CHÁVEZ, Eduardo Salinas; PUEBLA, Adonis Maikel Ramón. Propuesta metodológica para la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nível local. **Revista do Departamento de Geografia**, [s.l.], v. 25, p.1-19, 2013. DOI: 10.7154/RDG.2013.0025.0001. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/75171/78719>. Acesso em: 08 jan. 2020.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Análise de sistemas em Geografia. São Paulo: **Hucitec, Edusp**, 1979.

COSTA, João Batista Sena; BORGES, Maurício da Silva; BERMERGUY, Ruth Léa; IGREJA, Hailton Luiz Siqueira; PINHEIRO, Roberto Vizeu Lima. Aspectos da tectônica cenozóica na região do salgado, litoral nordeste do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., 1991, Belém. **Anais [...]**. Belém: SBG-Núcleo Norte: 1991. p.156-165.

COUTINHO, Paulo da Nóbrega; MORAIS, Jáder Onofre de. Distribuição de Sedimentos na Baía de José, Estado do Maranhão (Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v.16, n.2, p.123-127, 1976.

DIAS, José Eduardo. Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: O caso do município de Volta Redonda-RJ, 1999. In: SILVA, Jorge Xavier da; ZAIDAN, Ricardo Tavares (org.). **Geoprocessamento e Análise Ambiental**: Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. cap.4, p.33,144.

EL-ROBRINI, Maamar et al. MARANHÃO. In: MUEHE, Dieter. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Maranhão: MMA, 2012. p. 87-130

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUARIA (Brasil). **Relatório do Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**: Produto 3. Campinas: Embrapa, 2013. v.1, 450f.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Geomorfologia**: Conceitos e Tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FREIRE, Ana Talita Galvão *et al.* O ambiente geológico-pedológico das planícies inundáveis do maranhão e sua fragilidade às ações antrópicas. In: Congresso Mundial de Segurança, Saúde e Meio Ambiente, 14., 2014, Cubatão. **Anais [...]**. Cubatão: CEUMA, p. 113-117, 2014.

GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. São Paulo. 1942.

GONÇALVES, Ronaldo Antonio; SANTOS, Jorge Hamilton Souza. **O Papel da Dinâmica Costeira no Controle dos Campos de Dunas Eólicas do Setor Leste da Planície Costeira do Maranhão - Br - Lençóis Maranhenses**. Rio de Janeiro. 2005.

GORAYEB Paulo Sérgio Sousa; ABREU Francisco de Assis Matos de. Feições magmáticas e transformações tectono-metamórficas em granitóides da Suíte Rosário-MA. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39., 1996. Salvador, **Anais [...]**, Salvador: SBG, 1996. p. 4-97.

GORAYEB, Paulo Sérgio De Sousa; GAUDETTE, Henrieugene; MOURA, Candido Augusto Veloso; ABREU, Francisco de Assis Matos de. Geologia e Geocronologia da Suíte Rosário, Nordeste do Brasil, e sua contextualização geotectônica. **Revista Brasileira de Geociências**, [s.l], v.29, n.4, p.571-578, dez. 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. 1 Atlas.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de**

referência em 1º de julho de 2019. Disponível em: ibge.gov.br › Estimativas_2019 › estimativa_dou_2019. Acesso em: 11 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pedologia: Mapa Exploratório de Solos. Maranhão: IBGE, 2011. 1 mapa. Escala 1: 1.400.000.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Regiões de Desenvolvimento do Estado do Maranhão proposta avançada**. São Luís: IMESC, 2018.

ISACHENKO, Anatole Grigorievich; REZNIKOV, A.I. **Landscape dynamics of northwest Taiga of European Russia**. São Petersburgo: Universidade Estatal de São Petersburgo. 1996. Em russo.

KLEIN, Evandro Luiz. Recursos Minerais. In: BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. cap. 7, p.97.

KOMAR, P. D. **Beach processes and sedimentation**. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

KÖPPEN, Wladimir; GEIGER, München. **Handbuch der Klimatologie**. Berlim: Gebrüder Borntraeger, 1936.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MACEDO, Lúcio Antonio Alves. Controle ambiental do Golfão Maranhense. **DAE**, São Paulo, v.49, n.155, p. 91-97, abr./jun.1989.

MARANHÃO. Decreto nº 12.428, 05 de junho de 1992. Cria no Estado do Maranhão, a Área de Proteção Ambiental de Upaon-Açú/ Miritiba/ Alto Preguiças com os limites que especifica e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Maranhão**: Ano LXXXVI, São Luís, n.113, p. 12, 12 junho 1992.

MEDEIROS, José Simeão de; CÂMARA, Gilberto. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. [s.l.]: ACM SIGCUE Outlook, 2016.

MENDES, Djnane Coimbra Teixeira. **Abastecimento de água para consumo humano na área urbana de São Luís: Onde está a qualidade?**, 2008. 167f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira na Escala da União**. Brasília: MMA, 1996. 280p.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano nacional de gerenciamento costeiro: 25 anos do gerenciamento costeiro no Brasil**. PEREIRA, Flavia Cabral; OLIVEIRA, Márcia Regina Lima (org). Brasília: MMA, 2015. 181p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano nacional de gerenciamento costeiro II**. PEREIRA. Brasília: MMA, 1997. 9p.

MIRANDA, Luiz Bruner de, CASTRO, Belmiro Mendes de, KJERFVE Bjorn. **Princípios de oceanografia Física de estuários**. São Paulo: EDUSP, 2002.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil**: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. 2 ed. São Paulo: Annablume, 2007.

MOURA-FÉ, Marcelo Martins de. Historicidade e contemporaneidade do conceito de paisagem. **Tamoios**, São Gonçalo, n. 2, p. 101-114, jul./dez. 2014.

MUEHE, Dieter Carl Ernst Heino. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T.; (org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1998. p. 273-349.

NEVES, Claudio Freitas; MUEHE, DieterCarl Ernst Heino. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas**, [s./], v. 13, n. 27, p. 217-295, dez. 2008.

MUEHE, DieterCarl Ernst Heino. (org.). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental territorial, Brasília, DF: MMA, 2018.

OGATA, Maria Gravina. **Macrozoneamento costeiro: aspectos metodológicos/ Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, 1996. 27p. (Série Gerenciamento Costeiro, v. 5).

O INVENCÍVEL. Direção: Angelina Jolie. Estados Unidos: Legendary Pictures, 2015. Disponível em: <https://www.netflix.com/br/>. Acessado em: 12 jan. 2020.

PEEL, Murray. C; FINLAYSON, Brian L. and MCMAHON, Thomas Aquinas. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, [s./], v.11, p.1633-1644, 2007.

PIRAZZOLI, Paolo Antônio. **Sea-level changes. The last 20.000 years**. Chichester: Wiley, 1996. 211 p.

PUEBLA, Adonis Maikel Ramón; CHAVEZ, Eduardo Salinas; NOA, Ricardo Remond. Diseño metodológico para la elaboración de mapas de paisajes con el uso de los SIG: aplicación a la cuenca alta del Río Cauto, Cuba. **GeoSIG**, Luján, Argentina, v.1, n.1, p. 95-108, 2009

ROSA, Roberto. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia. 2013.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. E-book. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181677/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358172.epub>

SANTOS, Jorge Hamilton Souza. **Lençóis Maranhenses atuais e pretéritos: um tratamento espacial**, 2008. 249f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS, Márcio Costa Fernandes Vaz. Considerações sobre a ocorrência de *Rhizophora harissonii* Leechman e *Rhizophora racemosa* G.F.W. Meyer no litoral do estado do Maranhão, Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, São Luís, v. 7, p. 71-91, 1986.

SANTOS, Vinicius Henrique Maciel dos. **Caracterização das condições oceanográficas em estuários de macromaré: Complexo Estuarino Arraial-São José (MA)**, 2018. 140f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

SCAPIN, Juliana. **Caracterização do Transporte de Sedimentos em um pequeno rio urbano na cidade de Santa Maria – RS**. 2005. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2005.

SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. **O planeta Azul: Uma Introdução às Ciências Marinhas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

SILVA, Iracema Reimão; BITTENCOURT, Abílio Carlos da Silva Pinto; BARBOSA, Merissa Andrade Leite. Dinâmica Costeira e Processos Sedimentares ao longo das Praias do Município de Porto Seguro, Sul do Estado da Bahia. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte, **Anais do VII SINAGEO**, 2008.

SILVEIRA, Claudinei Taborda da; OKA-FIORI, Chisato; SANTOS, Leonardo José Cordeiro; SIRTOLI, Angelo Evaristo; SILVA, Claudionor Ribeiro da. Pedometria apoiada em atributos topográficos com operações de tabulação cruzada por álgebra de mapas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s.l.], v.13, n.2, p. 125-137, abr./jun. 2012.

SOTCHAVA, Viktor Borisovich. Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre. São Paulo: **Instituto de Geografia, USP**, 1978.

SOUZA, Ulisses Denache Vieira; FEITOSA, Antônio Cordeiro; KUX, Hermann Johann Heinrich. Modelagem do Relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil. **Revista Geográfica da América Central**, Costa Rica, v. 2, p. 1-12, jul./dez. 2011.

TEIXEIRA, Sheila Gatinho. **Análise de imagens de sensores remotos orbitais para mapeamento de ambientes costeiros tropicais e de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo no golfo maranhense**, 2006. 171f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

TEIXEIRA, Sheila Gatinho; SOUZA-FILHO, Pedro Walfir Martins. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfo Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geografia**, São Paulo, v. 27, n.1, 2009.

TOMLIN, Charles Dana. **Geographic information systems and Cartographic Modeling**. New York: Prentice Hall, 1990.

TORRES, Eloisa Cristiane. **As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem nas microbacias dos ribeirões Santo Antônio-SP, São Francisco-PR e Três Barras -MS**, 2003. 302 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003.

TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: **IBGE, SUPREN**, 1977.

TROPMAIR Helmut. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 7º ed. Rio Claro: Divisa/Embrapa Amazônia Ocidental, 2006. 206p.

VALENTE, Antônio Luís Schifino. **Integração de dados por meio de Geoprocessamento, para a elaboração de mapas geotécnicos, análise do meio físico e suas interações com a mancha urbana: O caso de Porto Alegre (RS)**, 1999. 153f. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 1999.

VASCONCELOS, Antonio Murilo *et al.* **Folha S A.23: In: Schobbenhaus, Carlos et al. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas**. Brasília: CPRM, 2004. 1 carta. Escala 1:1.000.000.

VIEIRA, Juliana Ribeiro; PETERSOHN, Eliane; ABELHA, Marina. Recursos Energéticos Fósseis. In: BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. cap. 8, p.109-111

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Geoprocessamento no apoio à decisão. **Continents**, Rio de Janeiro, n. 9, p. 105-115, jul. 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela de Reagrupamento de Classes.

NOVOS GRUPOS	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	VEGETAÇÃO	DECLIVIDADE
	Classes originais	Classes originais	Classes originais	Classes originais
G 1	Corpo d'água Continental	Litoral de Mangues e Rias	Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha Arbórea	0-3
		Planícies Litorâneas	Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha Herbácea	
		Baixada Maranhense		
G 2	Depósitos de Pântanos e Mangues Holocênicos	Planícies e Terraços Fluviais	Vegetação Secundária com Palmeiras	3-8
	Depósitos Litorâneos Holocênicos		Corpo d'água Continental	
	Coluviões Holocênicos			
	Aluviões Holocênicos			
	Coberturas Eólicas Holocênicas			
G 3	Granito Areal	Superfície Sub-litorânea de Bacabal	Influência Urbana	8-20
	Depósitos de Cordões Litorâneos Pleistocênicos			
G 4	Cobertura Detrítico Laterítica Neo Pleistocênica	Tabuleiro de Barreirinhas	Savana Arborizada sem Floresta de Galeria	20-45
	Suíte Rosário		Contato Savana/Formações Pioneiras	
	Coberturas Eólicas Pleistocênicas			
G 5	Formação Itapecuru	Planalto Dissecado do Itapecuru	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	

FONTE: Lima (2020)

APÊNDICE B – Uso e Cobertura por Unidade de Paisagem.

Unidade de paisagem	Uso da Terra	Área (km²)	% da Área da unidade
UP 01	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	345,1390	72,55%
	UC em área florestal	45,7643	9,62%
	UC em área florestal de Extrativismo animal	28,0311	5,89%
	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	27,3232	5,74%
	UC em corpo d'água costeiro de uso diversificado	20,4807	4,30%
	UC em área descoberta	8,0854	1,70%
	UC em área florestal com Pecuária e Cultivos temporários diversificados	0,6374	0,13%
	UC em corpo d'água costeiro	0,1164	0,02%
	Cidades	0,0800	0,02%
	Minerais não metálicos	0,0607	0,01%
	Cidades e UC em área florestal	0,0329	0,01%
	Total	475,7512	100,00%
UP02	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	340,1027	94,58%
	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	10,6553	2,96%
	UC em área campestre com Cultivos temporários diversificados e Pecuária	3,7861	1,05%
	UC em área florestal com Pecuária e Cultivos temporários diversificados	3,5787	1,00%
	UC em área florestal	0,7947	0,22%
	Cidades e UC em área florestal	0,5977	0,17%
	UC em corpo d'água costeiro de uso diversificado	0,0805	0,02%
	Total	359,5957	100,00%
UP03	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	204,7733	61,11%
	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	115,7949	34,56%
	Extrativismo vegetal em área florestal com Cultivos temporários e Pecuária	4,9890	1,49%
	UC em área florestal	2,5114	0,75%
	UC em área campestre com Cultivos temporários diversificados e Pecuária	1,5235	0,45%
	UC em área florestal com Pecuária e Cultivos temporários diversificados	1,4690	0,44%
	Minerais não metálicos	1,4115	0,42%
	Pecuária em área campestre	1,1812	0,35%
	Cidades e UC em área florestal	0,8708	0,26%
	Cidades	0,4842	0,14%
	UC em corpo d'água costeiro de uso diversificado	0,0652	0,02%
	UC em corpo d'água costeiro	0,0246	0,01%
	Total	335,0984	100,00%

UP04	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	240,0296	99,89%
	Cidades e UC em área florestal	0,1560	0,06%
	UC em corpo d'água costeiro de uso diversificado	0,0928	0,04%
	UC em corpo d'água costeiro	0,0094	0,00%
Total		240,2878	100,00%
UP05	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	145,6420	63,10%
	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	54,5165	23,62%
	UC em área campestre com Cultivos temporários diversificados e Pecuária	20,9543	9,08%
	UC em área florestal com Pecuária e Cultivos temporários diversificados	9,7122	4,21%
Total		230,8250	100,00%
UP06	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	72,0638	99,65%
	UC em corpo d'água costeiro de uso diversificado	0,2234	0,31%
	UC em corpo d'água costeiro	0,0161	0,02%
	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	0,0098	0,01%
	Cidades e UC em área florestal	0,0032	0,00%
Total		72,3162	100,00%
UP07	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	66,7614	100,00%
Total		66,7614	100,00%
UP08	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	10,2769	89,51%
	UC em corpo d'água costeiro de uso diversificado	0,8225	7,16%
	UC em corpo d'água costeiro	0,3310	2,88%
	Cidades	0,0509	0,44%
Total		11,4813	100,00%
UP09	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e animal	2,2871	51,39%
	UC em área florestal com Pecuária e Cultivos temporários diversificados	2,0784	46,70%
	UC em área florestal	0,0817	1,84%
	UC em corpo d'água costeiro de uso diversificado	0,0029	0,07%
Total		4,4501	100,00%
UP10	Cidades	2,8908	94,12%
	Extrativismo vegetal em área florestal com Cultivos temporários e Pecuária	0,0977	3,18%
	UC em corpo d'água costeiro de uso diversificado	0,0461	1,50%
	UC em área florestal de Extrativismo vegetal e Cultivos diversificados	0,0259	0,84%
	Pecuária em área campestre	0,0108	0,35%
Total		3,0714	100,00%

Fonte: Lima (2020)